

# **Evaluación del proceso productivo de FOCOLSA S.A.S.**

**Nicolás Del Valle Ángel**

**Santiago Velilla Pérez**

**Trabajo de grado para optar al título de**

**Ingeniería Administrativa**

**Ingeniería Industrial**

**Director del trabajo**

**Juan Fernando Giraldo Tabares**



**UNIVERSIDAD EIA  
FOCOLSA S.A.S.**

**INGENIERÍA ADMINISTRATIVA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, queremos agradecerle a nuestro director de trabajo de grado Juan Fernando Giraldo Tabares por su constante participación y apoyo en el desarrollo de este trabajo, además de su compromiso con este. También por su ayuda y orientación, los cuales fueron muy importantes para el éxito del trabajo.

Finalmente, le queremos agradecer a todos aquellos que directa o indirectamente nos ayudaron a llevar la mayoría de los objetivos de este trabajo a un feliz término, tales como: familia y compañeros, especialmente a Carolina Ramírez, estudiante de Ingeniería Industrial, por su gran ayuda y conocimiento, y a los expertos del aserrío, ya que sin ellos no habríamos obtenido la información necesaria para el desarrollo de la mayoría de los objetivos.

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	11
1. PRELIMINARES .....	12
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES .....	12
1.2 Objetivos del proyecto .....	16
1.2.1 Objetivo General .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 Marco de referencia .....	17
2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA .....	20
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ARMADO DE ESTIBAS Y MADERA PROCESADA .....	21
2.2 SUPUESTOS PARA EL MODELO Y DESCRIPCIÓN DE DATOS IMPORTANTES .....	23
2.3 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL PROCESO DE MADERA PROCESADA Y ARMADO DE ESTIBAS .....	24
2.4 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LOS TIEMPOS DE LOS SUBPROCESOS ..	25
2.5 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS SUBPROCESOS .....	27
2.6 MODELO DEL PROCESO DE ARMADO DE ESTIBAS Y MADERA PROCESADA EN FOCOLSA S.A.S. ....	28
2.6.1 Recepción de materia prima hasta aserrado madera gruesa o aserrado madera delgada .....	28
2.6.2 Proceso dese los aserrados hasta el deshilado .....	30
2.6.3 Proceso desde encastillado hasta secado .....	32
2.6.4 Proceso de venta de madera procesada .....	33
2.6.5 Proceso para el armado de estibas .....	34

2.6.6	Venta de estibas sanetizadas .....	36
3.	PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS .....	38
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
	REFERENCIAS.....	63
	ANEXOS .....	65

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: balanza comercial de madera en Colombia. Fuente: DANE .....	13
Tabla 2: variables de entrada al proceso de armado de estibas y madera procesada. Fuente: propia .....	25
Tabla 3: tiempos de procesamiento en los subprocesos del armado de estibas y madera procesada. Fuente: propia .....	26
Tabla 4: tiempos de procesamiento en los subprocesos del armado de estibas y madera procesada. Fuente: propia .....	27

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: proporción del área boscosa deforestada por regiones natural. Fuente: (Franco & Ruiz, 2014).....	14
Imagen 2: flujograma básico del proceso productivo actual. Fuente: propia .....	23
Imagen 3: flujograma del proceso de llegada de recepción de materia prima hasta aserrado madera gruesa o aserrado madera delgada. Fuente: propia .....	28
Imagen 4: flujograma del proceso desde los aserrados hasta el deshilado. Fuente: propia .....	30
Imagen 5: flujograma del proceso desde encastillado hasta secado. Fuente: propia .....	32
Imagen 6: flujograma de la venta de la madera procesada. Fuente: propia .....	33
Imagen 7: flujograma del proceso de armado de estibas. Fuente: propia .....	34
Imagen 8: flujograma del proceso de venta de estibas sanitizadas. Fuente: propia .....	36
Imagen 9: número de toneladas y factor de desperdicio. Fuente: propia .....	38
Imagen 10: cantidad de entidades por tipo de terminación. Fuente: propia .....	39
Imagen 11: cantidad de entidades por tipo de terminación y tipo de madera. Fuente: propia.....	40
Imagen 12: tiempos unitarios por proceso. Fuente: propia.....	41
Imagen 13: proceso productivo discriminando el tipo de entidades. Fuente: propia .....	41
Imagen 14: tiempos en colas. Fuente: propia .....	42
Imagen 15: costos unitarios por proceso. Fuente: propia .....	43
Imagen 16: costos totales. Fuente: propia .....	43
Imagen 17: tiempos generales de procesamiento. Fuente: propia.....	44
Imagen 18: tiempos detallados de procesamiento. Fuente: propia .....	46
Imagen 19: costos totales detallados de procesamiento. Fuente: propia .....	47
Imagen 20: número de toneladas y factor de desperdicio escenario 2. Fuente: propia ....	48

Imagen 21: cantidad de entidades por tipo de terminación escenario 2. Fuente: propia...	49
Imagen 22: tiempos unitarios por proceso escenario 2. Fuente: propia.....	49
Imagen 23: tiempos en colas escenario 2. Fuente: propia .....	50
Imagen 24: costos totales escenario 2. Fuente: propia .....	51
Imagen 25: tiempos generales de procesamiento escenario 2. Fuente: propia.....	52
Imagen 26: número de toneladas y factor de desperdicio escenario 3. Fuente: propia ....	53
Imagen 27: tiempos unitarios por proceso escenario 3. Fuente: propia.....	54
Imagen 28: tiempos en colas escenario 3. Fuente propia .....	55
Imagen 29: costos totales escenario 3. Fuente: propia .....	56
Imagen 30: tiempos generales de procesamiento escenario 3. Fuente: propia.....	57
Imagen 31: tiempos en colas escenario 4. Fuente: propia .....	58
Imagen 32: costos totales escenario 4. Fuente: propia .....	59
Imagen 33: tiempos generales de procesamiento escenario 4. Fuente: propia.....	60

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: prueba bondad de ajuste NroToneladas por viaje. Fuente: propia .....	65
Anexo 2: prueba de bondad de ajuste costo x ton MP. Fuente: propia.....	66
Anexo 3: prueba bondad de ajuste horas x ton Aserrado MG. Fuente: propia .....	67
Anexo 4: prueba bondad de ajuste costo x hora Aserrado MG. Fuente: propia .....	68
Anexo 5: prueba bondad de ajuste horas x ton Aserrado MD. Fuente: propia .....	69
Anexo 6: prueba de bondad de ajuste horas x ton cuarteado. Fuente: propia .....	70
Anexo 7: prueba bondad de ajuste horas x ton deshilado. Fuente: propia .....	70



## RESUMEN

Debido a la gran incertidumbre que se tiene en la industria maderera en cuanto a desperdicio y calidad de materias primas, se tiene una gran dificultad para predecir y notificar los costos que se tienen en toda la operación, esto afecta al estado de resultados y dificulta la toma de decisiones acertada en cuanto a precios y costos. Es por esto que surge la necesidad de evaluar detalladamente los costos del proceso de las empresas e identificar oportunidades de mejora.

Este propósito se realizará en el presente trabajo con la empresa FOCOLSA S.A.S. y se evaluarán diferentes opciones y escenarios de proceso con diferentes materias primas y maquinas. Lo anterior simulando el proceso productivo del armado de estibas y madera procesada en el software Arena de Rockwell, debido a que analizar diferentes escenarios en una empresa en curso es tedioso y costoso. Para lograr un modelo creíble se obtuvieron los datos históricos de costos y tiempos de proceso, se realizaron visitas recurrentes a la empresa y se realizaron entrevistas a profundidad con los expertos de la empresa.

Finalmente se llegó a la conclusión que para el proceso productivo actual si la demanda continúa constante o al alza, será necesario hacer la inversión de compra de una maquina "Sin Fin 4" para el deshilado de la madera. Esto con el fin de reducir la utilización que se tiene en este momento en los recursos y generar un tiempo mucho menor en las colas de espera. También es recomendable para la empresa ir haciendo una transición en cuanto a la compra de materia prima y llegar en un futuro a solo obtener madera delgada como materia prima. Esto reduciría los tiempos de proceso buscando economías de escala y reduciendo los costos fijos.

**Palabras clave:** simulación, tiempos de proceso, costos de proceso, industria maderera, Rockwell Arena.

## ABSTRACT

Due to the big uncertainty that the wood industry has regarding to the quality and waste of raw material. There are difficulties forecasting and defining the costs in the productive operation. This matter affects the P&Ls and complicates the right decision making regarding to prices and costs. That's why there appears to be the need to have an evaluation method of the costs and the process of the companies identifying opportunities for improvement.

This matter will be discussed in this text with the company Focolsa S.A.S. and there will be an evaluation of different options and scenarios of the process with different raw materials and machines. We will discuss about the simulation of the productive process of "Stool building" and "Processed wood" in the software Arena from Rockwell. Analyzing various stages in a running company is dangerous, hard, and expensive. That's why the simulation is useful. To build a credible simulation model, the company Focolsa S.A.S supplied historic information of costs and process times, detailed interviews with experts took place as well.

Finally, the results showed that if the demand is the same or higher, it will be necessary to investment in buying a "Sin fin 4" machine for the "cutting process". This action, with the goal of reducing the scheduled utilization, will have the resources in this process decrease the waiting time. It is better for the company to also beginning to do a transition in the raw material buying process having in the future only thin wood decreasing the whole process times reducing the fixed costs and having scale economies.

**Keywords:** simulation, process times, process costs, wood industry, Rockwell Arena.

## INTRODUCCIÓN

FOCOLSA S.A.S es una empresa ubicada en Antioquia con plantas en los municipios de Caldas y Barbosa. La primera de ellas se dedica a la transformación de madera virgen o reciclada en madera procesada y estibas para la venta. La segunda toma los desperdicios de la planta de Caldas y terceros, los tritura y los convierte en biomasa que luego se vende.

Actualmente la empresa cuenta con la dificultad de pronosticar certeramente la materia prima necesaria y los precios de sus productos debido a la dificultad para medir certeramente el costo ya que hay una gran variabilidad del desperdicio generado por los procesos realizados en la empresa. (Escobar, 2016).

En este trabajo se modeló el proceso productivo de la planta de Caldas que corresponde a la transformación de madera virgen hasta la obtención de madera procesada y estibas para la venta mediante el software Arena de Rockwell. Lo anterior con la finalidad de identificar tiempos de producción por proceso y producto, costos unitarios y totales por proceso y producto.

El trabajo se divide en cuatro partes: preliminares, enfoque y metodología, resultados y conclusiones y recomendaciones.

En la primera parte, se encontrará la contextualización y formulación del problema, el objetivo general, los objetivos específicos y el marco de referencia que se siguió para el desarrollo del este trabajo.

En la segunda parte, se inicia con una descripción detallada del proceso productivo y posteriormente se muestra la metodología utilizada para el desarrollo del modelo en la que fue necesaria una exhaustiva recopilación de datos históricos para luego ajustarlos a distribuciones de probabilidad utilizadas como variables de entrada a los procesos. Se utilizaron datos de cantidades, tiempos, costos, recursos y capacidades de los procesos.

En la tercera parte, se evidencian los resultados obtenidos bajo diferentes escenarios explicando las modificaciones realizadas y el propósito de las mismas.

Por último, se presentan las conclusiones del trabajo, así como recomendaciones y consideraciones para mejorar el modelo actual de producción que utiliza la empresa.

## 1. PRELIMINARES

### 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

El negocio de la madera puede tomarse como uno de los más rentables, esto explicado por el simple hecho de oferta y demanda, es claro que la demanda de productos provenientes de esta materia prima seguirá siendo constante o con poca variación, mientras que la oferta desde la actualidad se ve afectada por todas las políticas ambientales impuestas por el gobierno, esto conlleva a que la tala de bosques se dificulte o necesite muchos permisos. Esto se traduce en que en un futuro se encontraran pocos bosques para talar (poca oferta) y demanda constante o en crecimiento, debido a lo anterior se puede considerar que la rentabilidad de estos negocios es alta. Debido a las bajas que se notan en la oferta, las empresas que producen productos de madera necesitan comprar materia prima para poder complementar lo que les hace falta, haciendo necesario que importen esta madera para poder seguir con el objeto social. Lo mencionado anteriormente se puede respaldar con los siguientes datos e investigaciones.

La primera evidencia de que se está necesitando más materia prima, es un estudio de la balanza comercial de la madera realizado por el DANE donde se evidencia un aumento en las importaciones hasta el 2005, la tendencia indica que se necesitará importar más madera. Esto también puede reflejar un aumento en la demanda interna de los productos fabricados con estas materias.

Miles de dólares				
Año	Trimestre	Importaciones	Exportaciones	Balanza Comercial
2001	I	6 089,2	9 216,0	3 126,8
	II	6 852,7	8 500,9	1 648,2
	III	5 806,6	10 797,6	4 991,0
	IV	5 823,8	7 269,8	1 446,1
2002	I	7 267,9	5 711,7	-1 556,2

	II	5 628,1	7 534,1	1 906,0
	III	8 926,8	10 138,0	1 211,2
	IV	10 347,4	13 668,7	3 321,3
2003	I	8 257,3	8 488,7	231,4
	II	6 281,8	5 496,3	- 785,5
	III	7 976,4	5 824,2	-2 152,2
	IV	9 119,9	8 247,5	- 872,4
2004	I	8 441,3	7 025,0	-1 416,3
	II	11 083,7	9 571,7	-1 512,0
	III	9 620,5	7 833,1	-1 787,4
	IV	11 976,7	7 644,1	-4 332,6
2005	I	11 793,7	6 681,4	-5 112,3
	II	12 850,5	7 872,0	-4 978,5
	III	13 930,2	10 686,3	-3 243,9

Tabla 1: balanza comercial de madera en  
Fuente: DANE

Colombia.

En la Imagen 1, se evidencia la disminución de área deforestada debido a protecciones ambientales en la extracción de madera y por ende en oferta de los productos.

Tabla 2. Proporción del área boscosa deforestada por regiones naturales (Tomado de Cabrera, E. et al., 2011)							
Periodo analizado	Indicador	Región					Total
		Pacífico	Orinoquía	Caribe	Andes	Amazonía	
1990 -2000	Bosque 1990 (ha)	5.249.261	2.335.094	2.368.779	12.565.035	41.924.100	64.442.269
	Deforestación (ha)	140.426	240.580	343.019	876.597	1.198.018	2.798.639
	% bosque perdido	2,68	10,30	14,48	6,98	2,86	
	deforestación promedio anual (ha)	14.043	24.058	34.302	87.660	119.802	279.864
	% bosque perdido promedio anual	0,27	1,03	1,45	0,70	0,29	3,73
2000 -2005	Bosque 2000 (ha)	5.227.673	2.182.517	2.014.227	11.716.837	40.669.967	61.811.221
	Deforestación (ha)	146269,17	143479,89	236562,84	486463,86	562823,28	1.575.599
	% bosque perdido	2,80	6,57	11,74	4,15	1,38	
	deforestación promedio anual (ha)	29.254	28.696	47.313	97.293	112.565	315.120
	% bosque perdido promedio anual	0,56	1,31	2,35	0,83	0,28	5,33
2005 -2010	Bosque 2005 (ha)	5.035.400	2.123.340	1.807.073	11.151.591	40.096.203	60.213.607
	Deforestación (ha)	110744,46	46533,51	200090,07	435449,7	398984,94	1.191.803
	% bosque perdido	2,20	2,19	11,07	3,90	1,00	
	deforestación promedio anual (ha)	22.149	9.307	40.018	87.090	79.797	238.361
	% bosque perdido promedio anual	0,44	0,44	2,21	0,78	0,20	4,07

Imagen 1: proporción del área boscosa deforestada por regiones natural.  
Fuente: (Franco & Ruiz, 2014)

Actualmente la empresa se encuentra con la dificultad de pronosticar certeramente la materia prima necesaria y los precios de sus productos debido a la gran variabilidad del

desperdicio generado por los procesos realizados en la empresa, variabilidad. (Escobar, 2016).

Lo que se piensa hacer con la investigación es evaluar el proceso de producción de la empresa, después de ello, analizar y encontrar cuales son las variables y procesos más significativos en cuanto al costo del proceso productivo actual, además de cuáles son los procesos más óptimos para ver posibilidades de mejora.

Es importante recalcar que la investigación será de gran beneficio para la empresa FOCOLSA S.A.S y todos sus empleados, generándoles un mayor conocimiento de sus procesos e identificar el árbol de pérdidas del proceso productivo con el que se podrá proponer cambios que aumenten la productividad o disminuyan el costo para mejorar así la utilidad.

### **ANTECEDENTES:**

Gran cantidad de empresas manufactureras, se enfrentan hoy en día, a múltiples presiones por parte de la competencia, forzándolos a innovar e invertir en cuanto a sus procesos productivos. Esto conlleva a cambios importantes en el comportamiento de sus sistemas de costeo y márgenes de ganancia. Un sistema de costeo estratégico es aquel que identifica los factores de costeo que tienen relación con el proceso productivo. (Blocher & Berry, 1998)

Una de las principales preocupaciones de los gerentes, consta de identificar factores que afectan los costos y los beneficios de las empresas, muchos de los modelos utilizados por estos gerentes se centran en comparar costos contra beneficios, lo que les permite llegar a conclusiones pertinentes de las empresas, debido a que los costos están directamente relacionados con las funciones de planear, controlar, monitorear y tomar decisiones (funciones fundamentales de los gerentes). Para identificar estos factores, se necesita un sistema de información interna efectivo, basándose en datos propios de la organización. Los objetivos de crear un sistema de costeo radican en generar rentabilidad para el corto plazo y ser competitivos en el largo. Existen diversas informaciones, tales como los son la contabilidad administrativa y financiera. Estas tienen diferentes objetivos, la primera se utiliza para la ayuda de toma de decisiones y estrategias a implementar internamente, la segunda genera informes para terceros tales como accionistas, entidades públicas, bancos entre otros. (Kinney & Raiborn, 2012)(Hansen, Mowen, & Guan, 2007)(Horngren, Foster, & Datar, 2007)

En esta industria, existe mucha variabilidad en los desperdicios, como se menciona posteriormente. Esta depende de las capacidades de producción, el grado tecnológico y si cuentan o no con un taller para el aprovechamiento de los desperdicios. También radica en que este desperdicio se mide partiendo desde la madera en pie hasta la madera aserrada que ya está canteada y cepillada, se estima que el desperdicio puede llegar a

valores del 60% del volumen total. Un valor muy alto y difícil de pronosticar.(Gatter and Romero 2005) (Juárez and Orta 2000)

Sin embargo, es pertinente aclarar, que, aunque al sistema de costeo que más se utiliza en las investigaciones es el ABC, no es la única solución para las empresas, en un estudio se analiza la diversidad de los productos para la elección de un sistema de costeo (puede ser ABC u otro sistema), sin embargo, se aclara que el ABC no es una solución para la dispersión en los costos debido a esa diversidad. También existen otros sistemas que se pueden analizar y se tocan en este documento. (Abernethy, Lillis, Brownell, & Carter, 2001).

Un sistema que es posible y viable de implementar en una empresa del sector industrial es el de los costos estándar, los cuales fueron explicados en este documento anteriormente. El objetivo de este es disciplinar y controlar todas y cada una de las actividades y operaciones llevadas a cabo en la empresa con la finalidad de mejorar los resultados. Son necesarios en las empresas manufactureras para la valoración de inventarios en un sistema de inventario permanente. Se presentan los principales resultados obtenidos en la investigación, en un importante número de empresas manufactureras colombianas y que evidencia las contradicciones en la aplicación de la metodología.(Duque, Osorio, & Agudelo, 2011)

Como enuncian (Esmalifalak, Albin, & Behzadpoor, 2015), las empresas manejan grados de incertidumbre en los datos de entrada de su modelo, generando en consecuencia incertidumbre en los datos entregados o de salida. En su estudio, proponen la implementación de Fuzzy Logic (Lógica difusa) y Monte Carlo Simulation (Simulación Monte Carlo) para obtener resultados más precisos y disipar o manejar las incertidumbres del sistema.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar el proceso productivo de estibas y madera procesada de la empresa FOCOLSA S.A.S mediante simulación.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar y validar los datos a utilizar en la modelación.
- Modelar y simular en el software Arena, el flujo actual de los procesos en la compañía y validarlo con los expertos de la empresa.



- Identificar costos y tiempos de los procesos.
- Realizar escenarios diferentes al proceso actual.
- Comparar los escenarios con el proceso actual para identificar posibles mejoras.

### 1.3 MARCO DE REFERENCIA

En cuanto al marco teórico se utilizará la metodología planteada por Averill M. Law, esta metodología se basa en crear modelos creíbles que representen situaciones reales. La teoría se ha tomado del artículo publicado por este autor en el 2006 y titulado "*How to build valid and credible simulation models*"(Law, 2006).

Un modelo es un sustituto que se utiliza para reemplazar un sistema real cuya realización de experimentos sea muy costosa o imposible, este se utiliza únicamente para cumplir ciertos objetivos planteados con anterioridad. La validación de este debe realizarse en cualquier modelo debido a que es necesario que sea muy parecido al sistema real para que se obtengan datos cercanos a los de la realidad para poder utilizar estos modelos en el futuro sin que afecte erróneamente las interpretaciones de éste. La facilidad y exactitud de la validación radica en si el sistema existe o no y la oportunidad de observarlo de cerca y al detalle. Es necesario también que el modelo tenga credibilidad (que los tomadores de decisiones tengan entendimiento y estén de acuerdo con los supuestos del modelo y que el modelo sea válido).

A continuación, se presentan los pasos para realizar un modelo válido y con credibilidad.

- 1) Formule el problema:** El problema es propuesto por el tomador de decisión, en muchas ocasiones es poco preciso y un proceso iterativo es muchas veces necesario.

Se deben hacer reuniones entre el tomador de decisión y el gerente del proyecto entre otros para discutir términos tales como objetivos, preguntas específicas y los recursos y mediciones necesarias. Además, fijarse en que mediciones se van a utilizar, debido a que diversas mediciones generan diferentes grados de validez.

- 2) Recopilar datos e información, además de la formulación de supuestos:**

Recolecte información del sistema y de sus procesos operativos, esto para determinar distribuciones de probabilidad que servirán como parámetros de los modelos. Formule los supuestos, resúmenes de datos, distribuciones de probabilidad y escribalos para crear el documento de supuestos o modelo conceptual (deben ser lo más acertado posible). Se debe también recopilar datos de salida para corroborar en pasos más adelante la validación y credibilidad del modelo. Se debe tener siempre mucha interacción durante todo el proceso con el tomador de decisiones, además de esto no solo se debe preguntar a una persona acerca del proceso, sino que se debe incluir información de las personas

importantes que forman parte de los procesos. Para la recolección de datos ya sean de salida o de entrada para el modelo, es necesario tener en cuenta que se tienen que recolectar o usar de los datos históricos, para solicitar estos datos se debe tener claro el tipo de datos, el formato, la cantidad, por qué se necesitan y las condiciones en la que deben ser recolectados. Además de esto, los analistas deben entender a profundidad el proceso en el que están trabajando. Por último, es necesario que en lo posible se utilicen técnicas cuantitativas para una mayor comprensión, por ejemplo si en dos procesos se tiene la misma tendencia, utilizar la prueba de Kruskal Wallis para ver si se pueden combinar en el modelo y así siempre presentando los datos con técnicas validas que lo respalden y hacer un diagrama de flujo, limitaciones del modelo, subsistemas, como son los resúmenes de los datos etc.

- 3) **¿Es el documento de supuestos o modelo conceptual válido?:** Presente el modelo conceptual ante los tomadores de decisión, gerentes de los procesos para saber si es válido el modelo conceptual, si en este caso (que ocurre casi siempre), se encuentran omisiones o errores en el modelo conceptual, este debe ser actualizado para proceder al paso 4. Estas reuniones por recomendación deben ser en un lugar remoto, donde se preste total atención a ello y no a las actividades diarias en la organización.
- 4) **Programa el modelo:** Programe el modelo conceptual en un paquete de software de programación, después verifique y depure el programa.
- 5) **¿Es el programa del modelo valido?:** Si el sistema es existente, compare los datos de salida que se recolectaron anteriormente de los procesos con los datos de salida del modelo, a esto se le llama validación de resultados, esta comparación se puede hacer mediante medias, varianzas o correlaciones, intervalos de probabilidad y pruebas de hipótesis entre otros, es pertinente aclarar que estos métodos sirven para datos independientes e idénticamente distribuidos (lo que no es siempre el caso) (Law, 2006) discute la inspección, intervalos de confianza y series de tiempo que pueden ser usadas para comparar las salidas del modelo con el sistema. Los analistas del modelo y las personas que corrigieron el modelo conceptual deben revisarlo y aprobar si los resultados son consistentes con la percepción de ellos acerca de cómo el sistema debe operar. Si estos lo aprueban, el modelo tendrá validez aparente. Los análisis de sensibilidad deben hacerse para ver qué factores tienen mayor impacto en el modelo y en las mediciones, para hacer prestarles más atención y modelarlas con más cuidado. En estos análisis se puede cambiar variable por variable para ver qué impacto tiene en el modelo y además de esto, qué impacto tiene sobre otras variables para analizar oportunidades de mejoramiento. También se recomienda hacer una animación para ver con más claridad donde puede haber discrepancias con el modelo real.

- 6) **Diseñar, conducir y analizar experimentos:** Se debe decidir la duración del proceso en el modelo, el periodo de calentamiento y el número de réplicas independientes del modelo necesarias. Analice los resultados y determine si son necesarios experimentos adicionales.
- 7) **Presente los resultados de simulación:** En esta presentación, se debe presentar el modelo conceptual, el modelo programado y sus respectivos resultados. Se debe presentar una animación y se debe realizar una discusión de la creación del modelo y su validación para generarle credibilidad. Con la animación se hará más entendible para el tomador de decisión y generará más credibilidad.

## 2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA

Establecer las variables de entrada del proceso de armado de estibas y venta de madera procesada y sus distribuciones en los diferentes escenarios y sus diferentes formas de producirlo (Con madera gruesa o madera delgada).

- Dentro de un mismo modelo de producción de la compañía FOCOLSA S.A.S se determinarán 4 escenarios a estudiar y a modelar: El primero se refiere al armado de estibas con madera delgada, el armado de estibas con madera gruesa, la venta de madera procesada de madera delgada y la venta de madera procesada de madera gruesa. Todos estos escenarios acuden a una serie única de procesos o cadena de valor. También otros escenarios a evaluar serían la venta de madera procesada y armado de estibas teniendo la posibilidad de adicionar una máquina al proceso.
- Obtener y tener en cuenta las variables de entrada de los cuatro procesos (Modelados en un único modelo de la compañía) a partir de visitas a la empresa FOCOLSA S.A.S, identificar todo el proceso productivo con sus respectivas variables de entrada para tenerlas en cuenta y construir un modelo del proceso acertado.
- Recolección de datos de las variables de entrada: con respecto a las variables del proceso tenidas en cuenta del armado de estibas y madera procesada se obtendrán datos históricos de las variables de entrada que se consideran como significativas en el proceso, esto con la aprobación previa del juicio de expertos.
- Ajuste de los datos y variables de entrada obtenidos a distribuciones estadísticas: mediante el uso de Statgraphics se encontrará las distribuciones que más se ajustan a cada entrada del proceso de armado de estibas y madera procesada.

Determinar los costos y tiempos de cada subproceso dentro del armado de estibas y madera procesada.

- Recolección de información de los subprocesos: de acuerdo con los procesos observados y aprobados por el juicio de expertos se realizará un estudio de costos de materia prima, mano de obra, herramientas y mantenimiento, energía y de tiempos de operación en cada subproceso de acuerdo con la información recolectada en las recurrentes visitas al aserrío FOCOLSA S.A.S. en el suroccidente antioqueño.
- Ajuste de los parámetros y distribuciones de los procesos: usando Statgraphics se ajustarán los datos obtenidos a la distribución estadística que mejor los

describa para obtener así los parámetros y costos de cada subproceso del armado de estibas y madera procesada.

- Determinar costos de cada subproceso: a través de visitas a al aserrío, recolección de datos históricos y entrevistas y explicaciones con expertos de la empresa se obtendrán los costos del material y herramientas usadas en cada subproceso.

Diseñar el modelo del proceso productivo actual. En la simulación llegarán 30 cargas de materia prima.

- Flujograma básico del proceso: realizaremos un diseño del proceso entero de armado de estibas y madera procesada en forma de un flujograma en un software de simulación (Arena), para obtener datos de los diferentes escenarios y encontrar el escenario que más le conviene a la compañía. Ya sea la compra únicamente de madera gruesa o madera delgada o la compra de una máquina Si Fin 4 adicional.
- Recopilación de resultados: al tener un modelo que corre repetitivamente y que refleje significativamente la realidad de los procesos y subprocesos de la empresa, se podrá determinar qué procesos son los más óptimos, o si todos son viables.

## **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ARMADO DE ESTIBAS Y MADERA PROCESADA**

Para construir el flujograma del proceso y para determinar el comportamiento de las variables de entrada listadas, y para tener también el comportamiento de los tiempos y los costos en cada subproceso del armado de estibas y madera procesada, se realizaron recurrentes visitas al aserrío FOCOLSA S.A.S. para analizar el flujo del proceso detalladamente y su comportamiento. Se tuvo entrevistas a profundidad con el dueño de la compañía y gerente general, también con el encargado de todos los subprocesos asociados o director técnico. La totalidad de las personas entrevistadas llevan mucho tiempo realizando estos procesos lo que los convierte en expertos en el tema y las cifras que estos procesos conllevan.

A continuación, se presenta una breve descripción del proceso de armado de estibas y madera procesada en Aserrío FOCOLSA S.A.S. del suroccidente antioqueño.

Al proceso de armado de estibas y madera procesada llegan los cargamentos de materia prima en camiones, de los cuales aproximadamente el 60% son de madera delgada y el 40% de madera gruesa. La madera delgada es llevada al proceso de aserrado de madera delgada, donde se encuentran 4 operarios y una maquina llamada SDH 320, la cual consta de 8 discos perpendiculares que hacen igual número de cortes en la madera con

los espesores que se puedan necesitar. Luego, la basa central pasa al proceso delineado donde se tiene a dos operarios y la maquina delineadora, aquí se le hace el tercer corte en uno de los lados faltantes. De ahí pasan al Deshilado, que consiste en la generación de tablas a partir de la basa central. En este proceso se encuentra la maquina Sin Fin 4 y dos operarios. Las tablas ya definidas en sus dimensiones prosiguen al proceso de secado.

La madera gruesa inicialmente pasa por el coche sin fin. La diferencia con la SDH320 es que esta máquina recibe madera mayor de 34 cm de diámetro y sólo hace un corte vertical a la vez. Después de esto es pasada al proceso de cuarteado, donde se tienen 2 operarios y se utiliza la maquina sin fin 2. Este proceso se utiliza para exactamente lo mismo que el delineado en la madera delgada, le quita un tercer corte. Luego pasa al deshilado y se le aplica el mismo proceso que a la madera delgada. Después del deshilado, donde ya se tienen las tablas con las dimensiones específicas tanto en su ancho como en su espesor.

Después pasan al proceso de encastillado, donde únicamente se tienen dos operarios y es donde se almacenan todas estas tablas al aire libre para poder proceder al secado, utilizando separadores para que el aire fluya dentro de las tablas.

El proceso de secado utiliza 2 personas como calderistas que se encargan del suministro continuo del combustible sólido en el calderín, el cual genera una energía calórica que absorbe el aire generado dentro de la cámara para generar unas condiciones de temperatura y humedad óptima para el secado de la madera.

Luego del secado, los elementos de madera generados en el proceso de aserrado, están listos para venderse como madera procesada o ser utilizados en procesos subsiguientes, como armado de estibas y guacales

El dimensionado donde se tiene una máquina cortadora y un operario, se encarga de darle las medidas de longitud necesarias a la madera dependiendo de la necesidad a cubrir por parte del cliente. Cuando ya se tienen los elementos con las medidas definidas se pasa al armado de estibas, donde se tienen 5 operarios. Debido a obligaciones de salubridad, exportación y calidad, estas estibas deben ser sanitizadas para que la madera no sea afectada por hongos e insectos, tenga mayor durabilidad y calidad.

En la Imagen 2: flujograma básico del proceso de armado de estibas y madera procesada, se encuentra resumido el proceso que deben llevar a cabo viajes en toneladas de los troncos de madera.

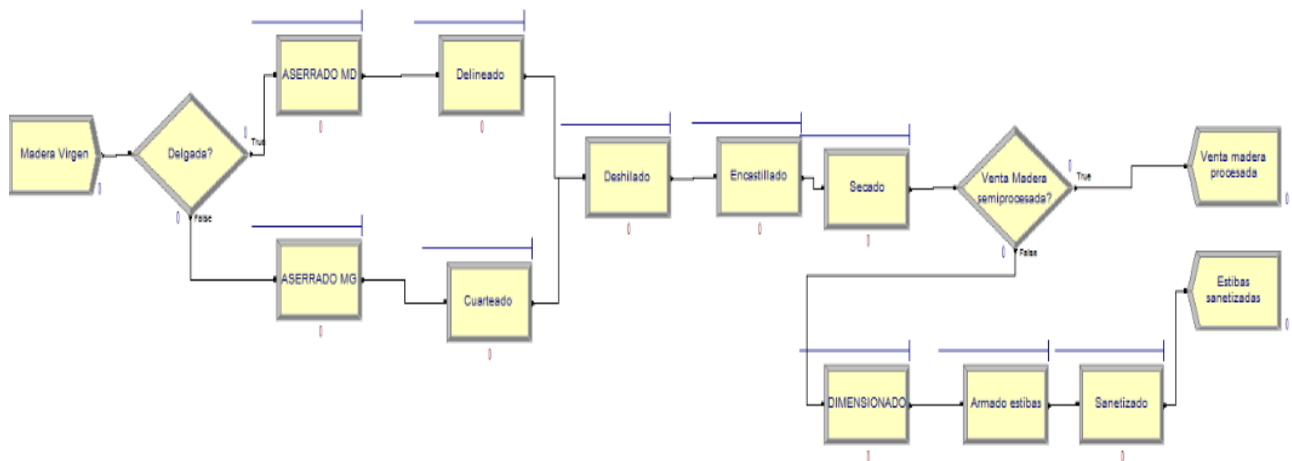


Imagen 2: flujograma básico del proceso productivo actual.  
Fuente: propia

## 2.2 SUPUESTOS PARA EL MODELO Y DESCRIPCIÓN DE DATOS IMPORTANTES

A continuación, se mencionarán una serie de supuestos y datos interesantes para que el modelo tuviera más simplicidad aún así reflejando la realidad del proceso en la empresa.

1. Se tomarán como entidades los lotes de materia prima o “viajes” que llegan a la compañía, debido a que así es como el aserrío tiene la información y así es como es analizada en la actualidad. Las entidades no son las toneladas de materia prima sino cada cargamento de materia prima.
2. El tiempo de transferencias de los productos semiprocesados será despreciable, esto explicado por la distribución de la planta del aserrío. Debido a que las maquinas se encuentran tan cerca una de la otra cuando un lote ha terminado su proceso el tiempo para pasar a la otra máquina no es significativo.
3. En los ajustes de la distribución de probabilidad con respecto a los datos históricos de la empresa, algunos resultados fueron modificados debido a que los datos más viejos no representan la realidad de la actualidad ya que el proceso productivo ha tenido cambios. La maquina SDH320 fue instalada en octubre de 2016 y por ello además de que se tienen pocos datos aparecen unos costos muy altos (Esto explicado a que la curva de aprendizaje se encontraba muy hacia la izquierda o con poco tiempo de aprendizaje). Sin embargo, a lo largo del tiempo, los tiempos de proceso han disminuido y por ende sus costos. Es por ello por lo que se han

modificado los resultados de esta distribución de frecuencias con respecto a lo inicial. (datos otorgados mediante el método de juicio de expertos).

4. También se modificó la distribución de los costos de cuarteado debido a que son datos históricos y como la máquina de deshilado también es relativamente nueva en algunos datos los costos de cuarteado incluían también deshilado, ya que la máquina de cuarteado también puede deshilar.
5. El horario de todos los operarios o el tiempo en el que funcionan todos los procesos (Menos la cámara de secado) es de 7AM a 5PM con descanso de una hora repartidos media hora para el desayuno y media hora de almuerzo. A excepción de la cámara de secado, todas las máquinas y operarios tienen una capacidad de 1 debido a que pueden trabajar solo con 1 lote a la vez. Por su parte, la cámara de secado trabaja las 24 horas.
6. Debido a los datos recopilados y entregados por parte de la empresa, se tomará como supuesto que las cantidades y costos de la madera gruesa y la madera delgada siguen las mismas distribuciones.
7. Para los datos históricos que no se ajustan o que el software (Arena) no disponga de la distribución estadística, se utilizarán distribuciones empíricas.

## 2.3 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL PROCESO DE MADERA PROCESADA Y ARMADO DE ESTIBAS

En primer lugar, se determinaron dentro del mismo modelo los escenarios de madera delgada, madera gruesa venta de madera procesada y armado de estibas.

En la Tabla 2: variables de entrada al proceso de armado de estibas y madera procesada se relacionan las variables de entrada del proceso con el valor o la distribución ingresada al modelo. Los datos recopilados en las visitas y la información entregada por parte de la empresa y los expertos, al analizar las distribuciones de probabilidad la mayoría no se ajustaba a una distribución estadística específica. Por lo tanto, la alternativa que quedó fue asignar la función de distribución o de frecuencias, lo cual se hizo con base en estadísticas de la información recopilada en las entrevistas a profundidad realizadas y con base en la observación y datos de la empresa.

Variable de entrada	Valor / distribución ingresada al modelo
Llegadas por hora de los viajes o camiones cargados con un lote de materia prima en toneladas.	Se calculó para 30 entidades. Se utilizó la distribución de Poisson con tiempos entre llegadas exponenciales. El parámetro utilizado fue el tiempo que se demora en entrar un lote de materia prima después de que llegara el anterior



	(24 horas).
Número de toneladas	Se usa mediante la distribución de frecuencias empírica donde el 18% son entre 14 y 17, el 24% entre 17 y 20, el 24% entre 20 y 22, el 6% entre 22 y 25, el 12% entre 25 y 28 y 18% entre 28 y 31
Repartición de la materia prima entre madera gruesa y madera delgada	El 60% corresponde a madera delgada y el 40% a madera gruesa
Porcentaje de ventas de madera procesada o de estibas	El 43% de las ventas de estos procesos corresponden a venta de madera procesada y el otro 57% corresponde a la venta de estibas.

**Tabla 2: variables de entrada al proceso de armado de estibas y madera procesada.**  
Fuente: propia

## 2.4 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LOS TIEMPOS DE LOS SUBPROCESOS

En la Tabla 3: Tiempos de procesamiento en los subprocesos de armado de estibas y madera procesada, se relacionan los subprocesos de el armado de estibas y madera procesada con la distribución asignada, con base en estadísticas y datos estandarizados de la compañía, a la información recopilada en las entrevistas a profundidad realizadas y a la observación, a cada subproceso del modelo. (Todos los tiempos se encuentran en horas).

Subproceso	Tiempo de procesamiento
Aserrado madera gruesa	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 17% se encuentra entre 0.02 y 0.2. El 7% entre 0.38 y 0.57. El 20% entre 0.57 y 0.75. El 37% entre 0.75 y 0.94 y el 20% entre 0.94 y 1.12 <b>por tonelada</b> . Arena no tiene la distribución loglogística, ver Anexo 3

Aserrado madera delgada	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 20% se encuentra entre 0.06 y 0.1. El 13% entre 0.18 y 0.21 y el 67% entre 0.25 y 0.29 <b>por tonelada</b>
Delineado	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 23% está entre 0.06 y 0.12, el 13% entre 0.12 y 0.18, el 13% entre 0.18 y 0.24, el 47% entre 0.24 y 0.31, y el 3% entre 0.37 y 0.43 <b>por tonelada</b>
Cuarteado	Se usa mediante una distribución normal de 0.774 de media y desviación de 0.475544 <b>por tonelada</b> , ver Anexo 4
Deshilado	Se usa mediante una distribución normal de media 0.604 y desviación estándar de 0.176588 <b>por tonelada</b> , ver Anexo 5
Encastillado	Una distribución triangular donde el mínimo es 0.11 el más probable 0.17 y el máximo 0.33 <b>por tonelada</b>
Secado	Una distribución triangular donde el mínimo es 120, el más probable 144 y el máximo 168
Dimensionado	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 43% se encuentra entre 0.18 y 0.21 y el 57% entre 0.31 y 0.35 <b>por tonelada</b>
Armado de estibas	1.54 <b>por tonelada</b>
Sanetizado	1.15 <b>por tonelada</b>

**Tabla 3: tiempos de procesamiento en los subprocesos del armado de estibas y madera procesada.**  
**Fuente: propia**

## 2.5 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS SUBPROCESOS

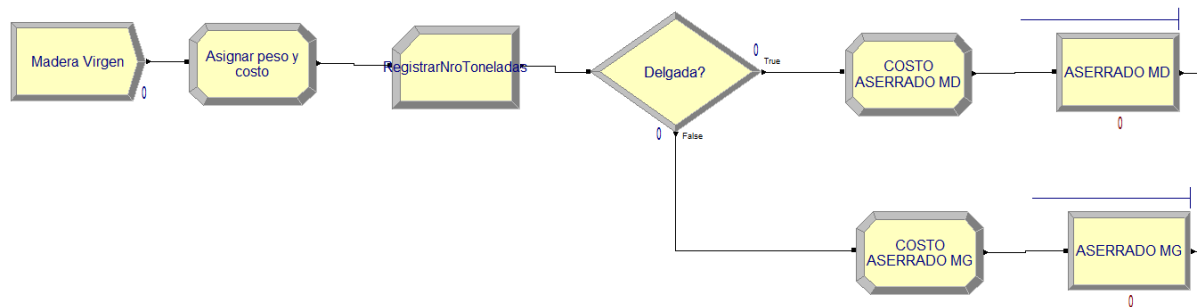
En la Tabla 4: costos de procesamiento en los subprocesos de armado de estibas y madera procesada, se relacionan los subprocesos de el armado de estibas y madera procesada con la distribución asignada, con base en estadísticas y datos estandarizados de la compañía, a la información recopilada en las entrevistas a profundidad realizadas y a la observación, a cada subproceso del modelo.

<b>Subproceso</b>	<b>Tiempo de procesamiento</b>
Aserrado madera gruesa	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 73% se encuentra entre 5989 y 29996. 7% entre 29996 y 52603, 17% entre 75910 y 99217 y 3% entre 122524 y 145831 <b>por hora</b>
Aserrado madera delgada	Distribución uniforme entre 8800 y 21022 <b>por hora</b>
Delineado	8668 <b>por hora</b>
Cuarteado	Distribución uniforme entre 8668 y 15543 <b>por hora</b>
Deshilado	Se usa mediante una distribución de frecuencias empírica donde el 47% se encuentra entre 8668 y 9829 y el 53% entre 14747 y 14773 <b>por hora</b>
Encastillado	15200 <b>por hora</b>
Secado	33137 <b>por hora</b>
Dimensionado	15000 <b>por hora</b>
Armado de estibas	178000 <b>por hora</b>
Sanetizado	73877 <b>por hora</b>

**Tabla 4: tiempos de procesamiento en los subprocesos del armado de estibas y madera procesada.**  
Fuente: propia

## 2.6 MODELO DEL PROCESO DE ARMADO DE ESTIBAS Y MADERA PROCESADA EN FOCOLSA S.A.S.

### 2.6.1 Recepción de materia prima hasta aserrado madera gruesa o aserrado madera delgada



**Imagen 3: flujograma del proceso de llegada de recepción de materia prima hasta aserrado madera gruesa o aserrado madera delgada.**  
Fuente: propia

Flujograma del proceso de llegada de materia prima al proceso se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de la llegada de madera al proceso de Aserrado madera delgada y Aserrado madera gruesa.

A continuación, se detallan los módulos del proceso de llegada madera al aserrío y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Madera virgen:** establecer la regla de llegada de las entidades (Lotes de materia prima al proceso de madera procesada y estibas).

**Asignar peso y costo:** En esta asignación, se desea asignar los siguientes atributos y variables al lote de materia prima o “viaje”.

- El tiempo de llegada.
- El número de toneladas.
- El costo por tonelada.
- El costo total de la materia prima
- Las entidades o viajes que se encuentran dentro del sistema o proceso de armado de estibas y madera procesada

**Registrar Nro de Toneladas:** En este registro, debido a que durante los procesos se pierde materia prima, se desea registrar el número de toneladas con las que llega el viaje para poder en un futuro predecir y en el presente entender el desperdicio estándar que se tiene de la materia prima y así poder estandarizar el costo

**Delgada?:** En esta decisión, lo que se hace es verificar si el lote es de madera delgada o de madera gruesa y enviarlo al proceso correspondiente.

**Costo Aserrado MD:** en esta asignación, lo que se desea es asignar los siguientes atributos.

- Costo del Aserrado de madera delgada por hora
- Tiempo del proceso de aserrado madera delgada
- Costo total del aserrado madera delgada

**Aserrado MD:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- Recursos de la máquina SDH320 y los 4 operarios necesarios
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Aserrado MD.

**Costo Aserrado MG:** en esta asignación, lo que se desea es asignar los siguientes atributos.

- Costo del Aserrado de madera gruesa por hora
- Tiempo del proceso de aserrado madera gruesa
- Costo total del aserrado madera gruesa

**Aserrado MG:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- Recursos de la máquina Coche sin fin y los 3 operarios necesarios
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Aserrado MG.

## 2.6.2 Proceso desde los aserrados hasta el deshilado

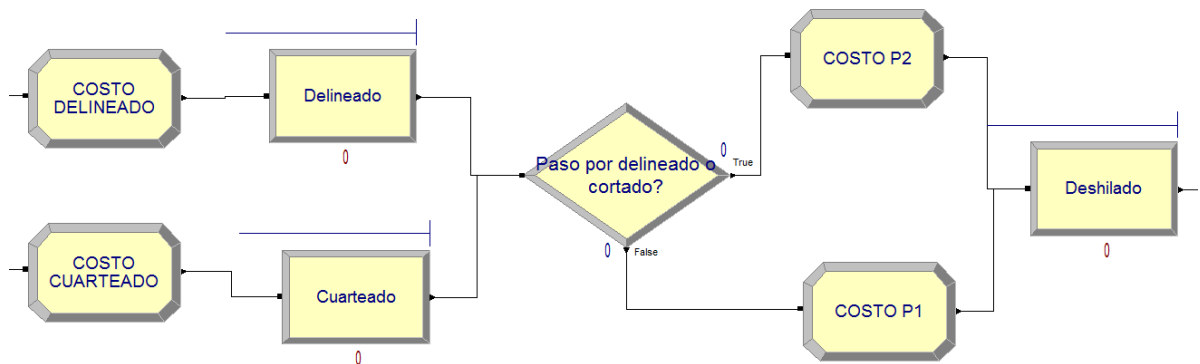


Imagen 4: flujograma del proceso desde los aserrados hasta el deshilado.  
Fuente: propia

Flujograma del proceso desde los aserrados hasta el deshilado se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de desde los aserrados hasta el deshilado en el proceso de madera procesada y estibas.

A continuación, se detallan los módulos del proceso de desde los aserrados hasta el deshilado y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Costo Delineado:** para los “viajes” provenientes del aserrado de madera delgada, se asignan los siguientes atributos y entidades

- Costo del delineado por hora
- Tiempo del proceso de delineado
- Costo total del delineado
- Una nueva entidad llamada “P2”, debido a que en el deshilado se une la madera gruesa y delgada después de haber pasado por sus procesos para poder identificar de qué escenario se está hablando entonces la entidad ya no será el “viaje” sino que será el viaje de madera delgada.

**Costo Cuarateado:** para los “Viajes” provenientes del aserrado de madera gruesa, se asignan los siguientes atributos y entidades

- Costo del cuarteado por hora
- Tiempo del proceso de cuarteado
- Costo total del cuarteado
- Una nueva entidad llamada “P1”, debido a que en el deshilado se une la madera gruesa y delgada después de haber pasado por sus procesos para poder identificar de que escenario se está hablando entonces la entidad ya no será el “viaje” sino que será el viaje de madera gruesa.

**Delineado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- Recursos de la máquina Delineadora y los 2 operarios necesarios
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Delineado.

**Cuarteado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- Recursos de la máquina Sin fin 2 y los 2 operarios necesarios
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Cuarteado.

**Paso por delineadora o cortado:** En esta decisión, lo que se hace en este modulo es verificar si el lote viene de los procesos ya sean de aserrado de madera gruesa y delgada debido a que los costos anteriores son distintos, el criterio de decisión son el tipo de entidades mencionados anteriormente (P1 y P2).

**Costo P2:** para los “viajes” provenientes del delineado, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del deshilado por hora
- Tiempo del proceso de P2 que es el de el deshilado, pero con este nombre para la diferenciación explicada anteriormente
- Tiempo P1 que es igual a cero debido a que si proviene de P2 no proviene de P1
- Costo total P2.

**Costo P1:** para los “viajes” provenientes del cuarteado, se asignan los siguientes atributos.

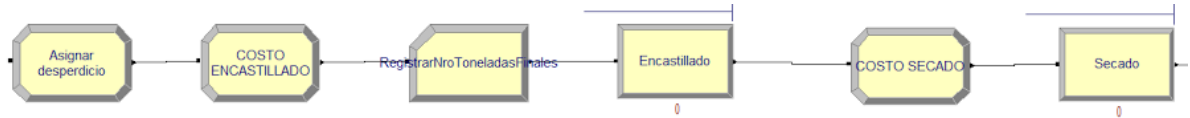
- Costo del deshilado por hora
- Tiempo del proceso de P1 que es el de el deshilado, pero con este nombre para la diferenciación explicada anteriormente
- Tiempo P2 que es igual a cero debido a que si proviene de P1 no proviene de P2
- Costo total P1.

**Deshilado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.

- Recursos de la máquina Sin fin 4 y los 2 operarios necesarios
- El tiempo del proceso que son los tiempos definidos anteriormente como los tiempos de P1+los tiempos de P2.

### 2.6.3 Proceso desde encastillado hasta secado



**Imagen 5:** flujograma del proceso desde encastillado hasta secado.  
Fuente: propia

Flujograma del proceso desde encastillado hasta secado, se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso desde encastillado hasta secado en el proceso de madera procesada y estibas sanetizadas.

A continuación, se detallan los módulos del proceso de desde el encastillado hasta el secado y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Asignar desperdicio:** para los “viajes” provenientes del deshilado, se asignan los siguientes atributos debido a que ya pasaron todos los procesos en donde se desperdicia materia prima (no se tiene definido en que maquinas son las que más se desperdicia).

- Factor de desperdicio
- Número de toneladas finales

**Costo Encastillado:** para los “viajes” provenientes del deshilado, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del encastillado por tonelada hora
- Tiempo del proceso de encastillado
- Costo total del encastillado

**RegistrarNroToneladasFinales:** con este registro, se busca saber y registrar cuales son las toneladas finales después de los procesos de desperdicio. Para poder compararlo con el registro de las toneladas de inicio y poder predecir un futuro factor de desperdicio que se ajuste mas a la realidad

**Encastillado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- Los 2 operarios necesarios para el proceso
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Delineado.



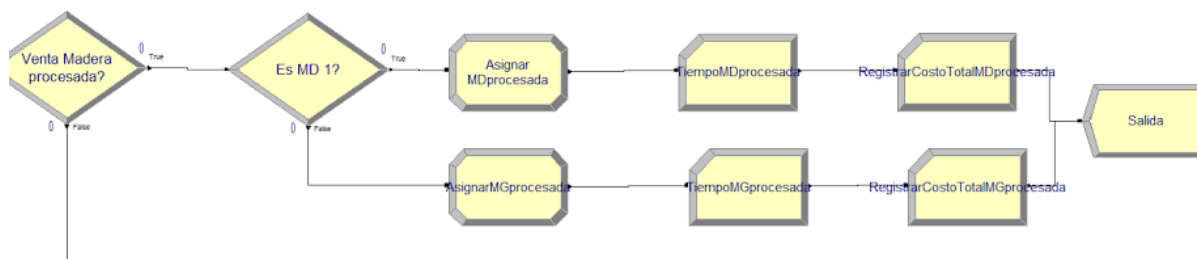
**Costo Secado:** para los “Viajes” provenientes del encastillado, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del Secado por hora
- Tiempo del proceso de secado
- Costo total del secado

**Secado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- El único operario necesario para el proceso
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Secado.

#### 2.6.4 Proceso de venta de madera procesada



**Imagen 6:** flujograma de la venta de la madera procesada.  
Fuente: propia

Flujograma de venta de la madera procesada, se muestran los módulos utilizados para modelar la venta de la madera procesada en el proceso de madera procesada y estibas sanitizadas.

A continuación, se detallan los módulos del proceso de la venta de madera procesada y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Venta de madera procesada:** en esta decisión, lo que se hace es determinar si la madera luego del proceso se debe vender o si debe pasar a los procesos para tener una estiba sanitizada.

**Es MD1:** en esta decisión, lo que se hace es determinar si la madera luego de que se decide vender como procesada, era proveniente de madera delgada o madera gruesa.

**Asignar MDprocesada:** para los “viajes” provenientes de venta de madera procesada se asignan los siguientes atributos, entidades y variables.

- El tipo de entidad es Mdprocesada para que en los registros y resultados nos aparezca diferenciado. (Madera delgada)
- La variable de entidades dentro del proceso (que se resta cada vez que sale)
- Costo total de la Mdprocesada para tener el costo total del producto terminado.

**Asignar MGprocesada:** para los “Viajes” provenientes de venta de madera procesada se asignan los siguientes atributos, entidades y variables.

- El tipo de entidad es Mgprocesada para que en los registros y resultados nos aparezca diferenciado. (Madera gruesa)
- La variable de entidades dentro del proceso (que se resta cada vez que sale)
- Costo total de la Mgprocesada para tener el costo total del producto terminado.

**RegistrarCostoTotalMDProcesada:** en este registro se busca tener la información final del costo total del producto terminado de madera delgada.

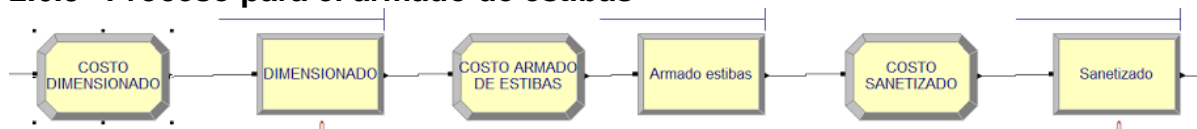
**RegistrarCostoTotalMGProcesada:** en este registro se busca tener la información final del costo total del producto terminado de madera gruesa.

**TiempoMDProcesada:** en este registro se busca tener la información final del tiempo total del producto terminado de madera delgada.

**TiempoMGProcesada:** en este registro se busca tener la información final del tiempo total del producto terminado de madera gruesa.

**Salida:** aquí finaliza el proceso.

## 2.6.5 Proceso para el armado de estibas



**Imagen 7:** flujograma del proceso de armado de estibas.  
**Fuente:** propia

.A continuación, se detallan los módulos del proceso para las estibas sanetizadas y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Costo Dimensionado:** para los “Viajes” que siguen el proceso para estibas sanetizadas, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del Dimensionado por hora
- Tiempo del proceso de dimensionado

- Costo total del dimensionado

**Dimensionado:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- La maquina Cortadora y el único operario necesario para el proceso
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo dimensionado.

**Costo Armado de Estibas:** para los “viajes” que siguen el proceso para estibas sanetizadas, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del armado de estibas por hora
- Tiempo del proceso de armado de estibas
- Costo total del armado de estibas

**Armado de Estibas:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- 5 operarios que son necesarios para llevar a cabo este proceso
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Armado de Estibas.

**Costo Sanetizado:** para los “Viajes” que siguen el proceso para estibas sanetizadas, se asignan los siguientes atributos.

- Costo del sanetizado por hora
- Tiempo del proceso de sanetizado
- Costo total del sanetizado

**Armado de Estibas:** este modulo hace referencia al proceso como tal, donde se ingresa o se determina los recursos, el tiempo y el tipo de proceso.

- Tipo de proceso Seize Delay Release debido a que el proceso toma la entidad que le llega la trabaja o la “Demora” y luego de eso cuando ya finaliza el proceso la suelta inmediatamente para que pueda proceder con el siguiente.
- 1 horno de sanetización y un operario de este proceso
- El tiempo del proceso que ya se definió como atributo en Costo Sanetizado.

### 2.6.6 Venta de estibas sanitizadas

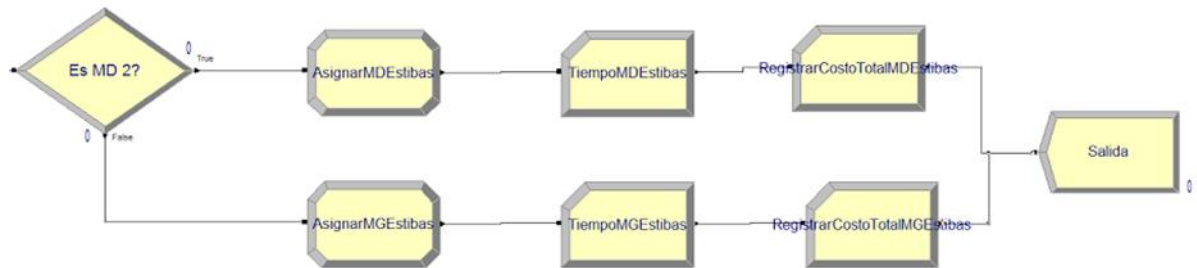


Imagen 8: flujograma del proceso de venta de estibas sanitizadas.  
Fuente: propia

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso venta de estibas sanitizadas.

A continuación, se detallan los módulos del proceso para las estibas sanitizadas y se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

**Es MD2:** en esta decisión, lo que se hace es determinar si la madera luego de que se decide vender como estiba sanitizada, era proveniente de madera delgada o madera gruesa.

**Asignar MGEstibas:** para los “viajes” provenientes de venta de sanitizado se asignan los siguientes atributos, entidades y variables.

- El tipo de entidad es MGEstibas para que en los registros y resultados nos aparezca diferenciado. (Madera gruesa)
- La variable de entidades dentro del proceso (que se resta cada vez que sale)
- Costo total de la Mgestibas para tener el costo total del producto terminado.

**Asignar MDestibas:** para los “viajes” provenientes de venta de sanitizado se asignan los siguientes atributos, entidades y variables.

- El tipo de entidad es MDestibas para que en los registros y resultados nos aparezca diferenciado. (Madera delgada)
- La variable de entidades dentro del proceso (Que se resta cada vez que sale)
- Costo total de la Mdestibas para tener el costo total de el producto terminado.

**RegistrarCostoTotalMDEstibas:** en este registro se busca tener la información final del costo total del producto terminado de madera delgada.

**TiempoMDEstibas:** en este registro se busca tener la información final del tiempo total del producto terminado de madera delgada.

**RegistrarCostoTotalMGEstibas:** en este registro se busca tener la información final del costo total del producto terminado de madera delgada.

**TiempoMGEstibas:** en este registro se busca tener la información final del tiempo total del producto terminado de madera delgada.

### 3. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS

En todas las réplicas mostradas a continuación el modelo se corrió para un total de 30 entidades en donde todas salieron del proceso. Para lograrlo se puso una condición en el Run-Set up de que el TNOW fuese mayor a 720 horas que es lo mismo que 30 días de 24 horas cada uno. Igualmente se creó un contador que sumara las entidades que entraran a la llegada y las descontara a la salida para garantizar que al final quedasen 0 entidades en el proceso. Cabe resaltar que lo que denominan en la empresa como un viaje es para el modelo una entidad.

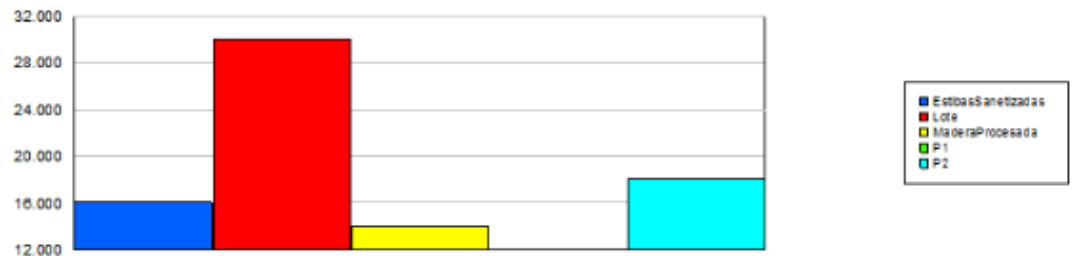
#### PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL

En todas las imágenes a continuación se muestran datos promedio, mínimo y máximo.

Expression		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarFactorDesperdicio		0.4823	(Insufficient)	0.3300	0.6193
RegistrarNroToneladas		21.0598	(Insufficient)	14.2846	29.9200
RegistrarNroToneladasFinales		10.1131	(Insufficient)	6.1114	17.3344

Imagen 9: número de toneladas y factor de desperdicio.  
Fuente: propia

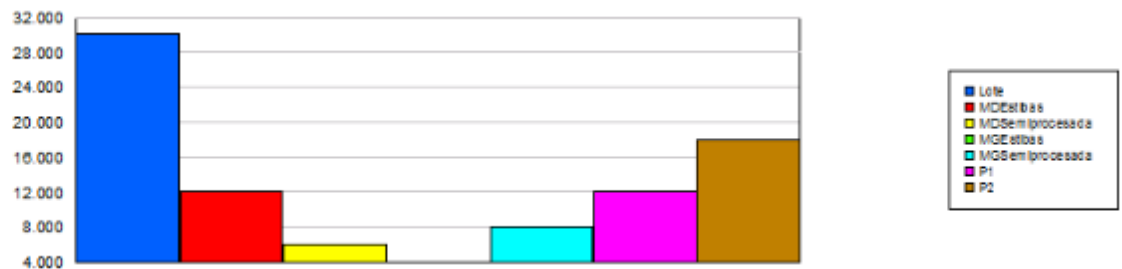
En la figura 10 se observa el número de toneladas iniciales de madera por entidad o “viaje” como es llamado en la empresa. De igual forma se muestra el factor de desperdicio de material que es de un promedio de 48% y alcanza un máximo de 61%. Lo anterior concuerda con lo planteado por (Gatter and Romero 2005) (Juárez and Orta 2000).



Number Out	Value
EstibasSanetizadas	16.0000
Lote	30.0000
MaderaProcesada	14.0000
P1	12.0000
P2	18.0000

**Imagen 10:** cantidad de entidades por tipo de terminación.  
**Fuente:** propia

En la simulación, 16 “Viajes” se convirtieron en estibas y 14 se vendieron como madera procesada.



Number Out	Value
Lote	30.0000
MDEstibas	12.0000
MDSemiprosesada	6.0000
MGEstibas	4.0000
MGSemiprosesada	8.0000
P1	12.0000
P2	18.0000

**Imagen 11: cantidad de entidades por tipo de terminación y tipo de madera.**  
Fuente: propia

El gráfico anterior muestra las entidades procesadas en la simulación. En total entraron 30 entidades al proceso; de éstas 18 eran madera delgada (MD) y 12 madera gruesa (MG).

De los 18 viajes de MD, 12 se convirtieron en estibas y 6 se vendieron como madera procesada.

De los 12 viajes de MG, 4 se convirtieron en estibas y 8 se vendieron como madera procesada.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarTiempoArmadoEstibas	7.7866	(Insufficient)	0.00	26.6949
RegistrarTiempoAserradoMD	2.2944	(Insufficient)	0.00	8.1360
RegistrarTiempoAserradoMG	6.4908	(Insufficient)	0.00	32.3134
RegistrarTiempoCuarteado	8.1238	(Insufficient)	0.00	45.2124
RegistrarTiempoDelineado	2.9605	(Insufficient)	0.00	8.4344
RegistrarTiempoDeshiladoP1	5.0094	(Insufficient)	0.00	18.5031
RegistrarTiempoDeshiladoP2	7.0835	(Insufficient)	0.00	19.1446
RegistrarTiempoDimensiondo	1.5317	(Insufficient)	0.00	5.6087

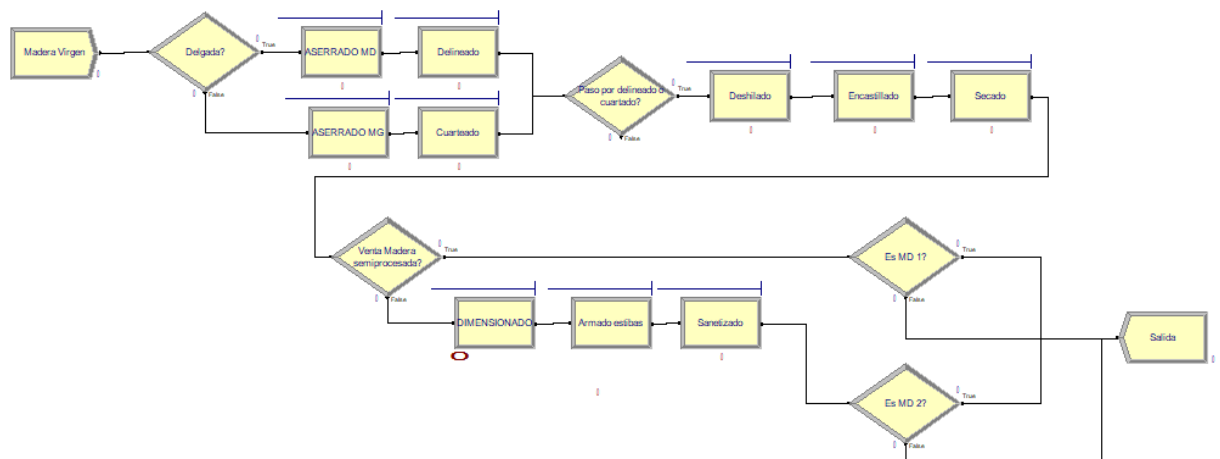


RegistrarTiempoEncastillado	2.0204	(Insufficient)	1.0291	4.2515
RegistrarTiempoSanetizado	5.8147	(Insufficient)	0.00	19.9345
RegistrarTiempoSecado	146.63	(Insufficient)	126.11	165.41

**Imagen 12:** tiempos unitarios por proceso.  
Fuente: propia

En la Imagen 12, se evidencian los tiempos que tarda una entidad en cada proceso. Se observa que el tiempo de secado es el mayor de todos los procesos y los supera de forma significativa. Entre los demás procesos el que más tarda es el cuarteado seguido de armado de estibas.

Se observa que para todos los tiempos de proceso, a excepción de encastillado y secado, hay un mínimo de cero horas. La explicación se da fácilmente observando el proceso productivo.



**Imagen 13:** proceso productivo discriminando el tipo de entidades.  
Fuente: propia

Como se evidencia en la Imagen 13, si la entidad es MD entonces los tiempos de proceso de aserrado MG y cuarteado son cero y por el contrario si es MG los tiempos de proceso de aserrado MD y delineado son cero. De la misma forma, si se vende como madera procesada entonces los tiempos de proceso de dimensionado, armado de estibas y sanetizado son cero.

En el caso de deshilado, hay mínimos cero, ya que en este proceso se introdujeron dos variables como se ha mencionado anteriormente tiempo P1 y tiempo P2 para diferenciar los que vienen de MG y MD a pesar de que ambas deben pasar por esta máquina o proceso.

Por lo tanto, los únicos procesos por los que deben pasar todas las entidades sin importar su tipo son encastillado y secado, explicando así que estos sean los únicos cuyos tiempos mínimos de proceso no son cero.

## Time

### Waiting Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	6.6197	(Insufficient)	0.00	43.2043
ASERRADO MD.Queue	3.7632	(Insufficient)	0.00	13.6923
ASERRADO MG.Queue	16.0612	(Insufficient)	0.00	57.7963
Cuarteado.Queue	36.6344	(Insufficient)	0.00	76.1573
Delineado.Queue	1.5536	(Insufficient)	0.00	20.7340
Deshilado.Queue	25.2656	(Insufficient)	0.00	73.8287
DIMENSIONADO.Queue	3.7531	(Insufficient)	0.00	13.5991
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	1.4759	(Insufficient)	0.00	23.6140
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

## Other

### Number Waiting

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	0.07391206	(Insufficient)	0.00	1.0000
ASERRADO MD.Queue	0.04726926	(Insufficient)	0.00	2.0000
ASERRADO MG.Queue	0.1345	(Insufficient)	0.00	2.0000
Cuarteado.Queue	0.3068	(Insufficient)	0.00	2.0000
Delineado.Queue	0.01951425	(Insufficient)	0.00	1.0000
Deshilado.Queue	0.5289	(Insufficient)	0.00	3.0000
DIMENSIONADO.Queue	0.04190444	(Insufficient)	0.00	1.0000
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	0.01647873	(Insufficient)	0.00	1.0000
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

**Imagen 14:** tiempos en colas.  
Fuente: propia

En la figura 15 se muestran las colas en cada uno de los procesos. En promedio una entidad espera 36.63 horas para ser procesada en el cuarteado y esta representa la mayor de las colas en el proceso productivo seguido del deshilado con 25 horas de espera promedio por entidad (Aquí es donde convergen MD y MG).

El tiempo de espera de aserrado MG es muchísimo superior al tiempo aserrado MD (12 horas aproximadamente) ya que como su nombre lo evidencia es una madera de mayor grosor y por lo tanto cada entidad requiere mayor tiempo de proceso.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarCostoArmadoEstibas	94933.33	(Insufficient)	0.00	178000.00
RegistrarCostoAserradoMD	8201.83	(Insufficient)	0.00	20705.25
RegistrarCostoAserradoMG	18510.55	(Insufficient)	0.00	95892.33
RegistrarCostoCuarteado	5169.17	(Insufficient)	0.00	15100.58
RegistrarCostoDelineado	5200.80	(Insufficient)	0.00	8668.00
RegistrarCostoDeshilado	12379.41	(Insufficient)	8734.71	15612.50
RegistrarCostoDimensionado	8000.00	(Insufficient)	0.00	15000.00
RegistrarCostoEncastillado	15200.00	(Insufficient)	15200.00	15200.00
RegistrarCostoMPxTon	134655.11	(Insufficient)	55170.51	237974.89
RegistrarCostoSanetizado	39406.40	(Insufficient)	0.00	73887.00
RegistrarCostoSecado	33137.00	(Insufficient)	33137.00	33137.00

Imagen 15: costos unitarios por proceso.  
 Fuente: propia

El costo por tonelada más alto del proceso productivo está dado por la materia prima que tiene un costo promedio de 134.655\$ por tonelada.

Otros elementos del costo son constantes como el costo de secado ya que la cámara de secado debe estar encendida las 24 horas.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarCostoTotalArmadoEstibas	1386010.36	(Insufficient)	0.00	4751696
RegistrarCostoTotalAserradoMD	32633.43	(Insufficient)	0.00	153170.24
RegistrarCostoTotalAserradoMG	230069.67	(Insufficient)	0.00	1782736
RegistrarCostoTotalCuarteado	104611.05	(Insufficient)	0.00	625162.87
RegistrarCostoTotalDelineado	25661.99	(Insufficient)	0.00	73109.74
RegistrarCostoTotalDimensionado	22975.43	(Insufficient)	0.00	84130.35
RegistrarCostoTotalEncastillado	30710.24	(Insufficient)	15642.92	64623.04
RegistrarCostoTotalGeneral	10107362	(Insufficient)	6061721	17227087
RegistrarCostoTotalMP	2834604.03	(Insufficient)	1108035	6757589
RegistrarCostoTotalP1	60757.20	(Insufficient)	0.00	243947.09
RegistrarCostoTotalP2	90764.91	(Insufficient)	0.00	287712.38
RegistrarCostoTotalSanetizado	429627.06	(Insufficient)	0.00	1472902
RegistrarCostoTotalSecado	4858936.45	(Insufficient)	4178855	5481273

Imagen 16: costos totales.  
 Fuente: propia

En la Imagen 16 se muestra el costo total de cada proceso para procesar una entidad completa. En promedio el costo más alto es representado por el secado en donde la cámara de secado está encendida las 24 horas del día ya que sería más costoso prenderla cada vez que se necesita secar madera.

De igual forma el armado de estibas tiene un costo promedio alto comparado con los demás procesos. Sin embargo, este costo está explicado por los insumos necesarios para armar las estibas representados en su totalidad por clavos.

En esta tabla también observamos que el **costo total general promedio de procesar un viaje completo es de \$10,107,362**

## Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	204.44	(Insufficient)	174.97	232.02
MaderaProcesada	185.81	(Insufficient)	149.22	226.47
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	155.03	(Insufficient)	72.5817	292.44
MaderaProcesada	106.36	(Insufficient)	16.8595	231.02
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	359.47	(Insufficient)	262.80	509.67
MaderaProcesada	292.17	(Insufficient)	179.09	446.65

Imagen 17: tiempos generales de procesamiento.  
Fuente: propia

Se observa el tiempo de procesamiento de las entidades según su terminación, es decir, sin discriminar si provienen de MG o MD. Se observa entonces que, en promedio, el

tiempo de espera representa un gran porcentaje del tiempo total que pasa la entidad en el proceso. Para cada una de ellas se calcula el porcentaje en colas:

$$\%Espera\ Estibas = \frac{155.03h}{359.47h} = 43\%$$

$$\%Espera\ Madera\ Procesada = \frac{106.36h}{292.17h} = 36\%$$

Los tiempos de transferencia son nulos en nuestro modelo debido a uno de los supuestos planteados anteriormente en la metodología.

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	196.51	(insufficient)	174.97	232.02
MDSemiprosesada	164.82	(insufficient)	149.22	183.27
MGEstibas	222.24	(insufficient)	215.45	228.22
MGSemiprosesada	201.56	(insufficient)	177.30	226.47
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MDSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	120.27	(insufficient)	72.5817	179.40
MDSemiprosesada	58.8973	(insufficient)	16.8595	105.27
MGEstibas	259.33	(insufficient)	239.43	292.44
MGSemiprosesada	141.96	(insufficient)	62.2326	231.02
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MDSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MDSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGEstibas	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
MGSemiprosesada	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
MDEstibas	318.78	(insufficient)	262.80	386.67
MDSemiprosesada	223.72	(insufficient)	179.09	281.82

**Imagen 18: tiempos detallados de procesamiento.**  
**Fuente: propia**

En orden de menor a mayor, el tiempo total que tardan los diferentes tipos de entidades en ser procesadas es: MDSemiprosesada, MDEstibas, MGSemiprosesada, y MGEstibas. EL tiempo que tardan las estibas de madera delgada es casi el mismo que la madera guresa semiprosesada. Es entendible que las estibas de madera gruesa se demoren mas que las de madera delgada y lo mismo para madera guresa, sin embargo, debido a que la

madera gruesa puede llegar a tardar mucho tiempo en el cuarteo puede tardar en promedio un tiempo parecido que el de las estibas de madera delgada.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarCostoTotalMDEstibas	11335861	(Insufficient)	9200999	17227087
RegistrarCostoTotalMDSemiproc cesada	7773441.53	(Insufficient)	6061721	10989184
RegistrarCostoTotalMGEstibas	12257545	(Insufficient)	10664809	13271869
RegistrarCostoTotalMGSemiproc cesada	8939961.80	(Insufficient)	7541230	11911336
<b>Imagen 19: costos totales detallados de procesamiento.</b> <b>Fuente: propia</b>				

Para el costo total de procesar cada tipo de entidad, se evidencia que, de menor a mayor, están dados en el siguiente orden: MDSemiprocada, MGSemiprocada, MDEstibas y MGEstibas.

## ESCENARIO 2 – SÓLO MADERA DELGADA (MD)

El siguiente escenario es un planteamiento en el que la empresa sólo maneja madera delgada. Para esto, se modificó la primera decisión del modelo en la que el 100% de las entidades fuesen madera delgada.

De igual forma se destinaron los operarios del proceso AserradoMG para Armado de Estibas y los operarios de Cuarteado se destinaron para Encastillado. Se decidió destinar los operarios sobrantes para estos dos procesos ya dependen meramente de la mano de obra, pues en otros donde hay máquinas su capacidad puede estar al máximo y sería en vano destinar más personal.

Por lo anterior, los tiempos y costos de los procesos Armado de Estibas y Encastillado se modificaron de la siguiente forma.

Un operario tiene la capacidad de armar un promedio de 10 estibas por hora y cada una de ellas tiene un peso promedio de 13 kg. Entonces:

$$\frac{80 \text{ estibas}}{h} \times \frac{13 \text{ kg}}{\text{estiba}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = \frac{1.04 \text{ ton}}{h}$$

$$\frac{1}{\frac{1.04 \text{ ton}}{h}} = \frac{0.96h}{\text{ton}}$$

El costo también cambia. Cada estiba tiene un costo de \$2800 en insumos y se aumenta el costo de mano de obra al incluir 3 operarios más:

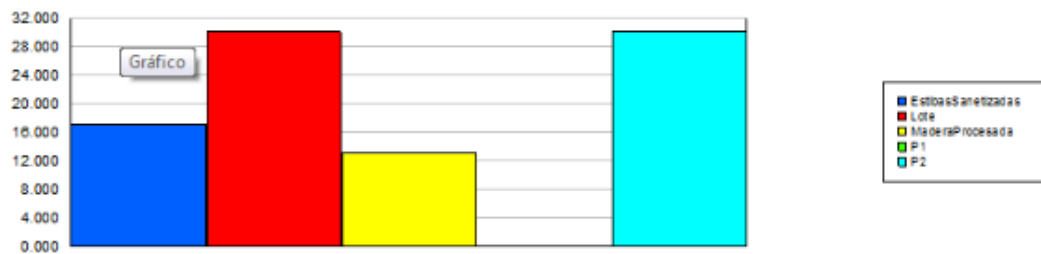
$$\left( \frac{2800\$}{\text{estiba}} \times \frac{80 \text{ estibas}}{h} \right) + \left( \frac{7600\$}{h \times \text{operario}} \times 8 \text{ operarios} \right) = \frac{284,800\$}{h}$$

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarFactorDesperdicio	0.4652	(Insufficient)	0.3300	0.6068
RegistrarNroToneladas	21.3941	(Insufficient)	14.1446	29.5445
RegistrarNroToneladasFinales	10.0582	(Insufficient)	5.7212	15.6438

**Imagen 20:** número de toneladas y factor de desperdicio escenario 2.  
Fuente: propia

En este nuevo escenario propuesto se obtuvieron números similares en los elementos de la Imagen 9 con un desperdicio de 46,52% y casi el mismo número de toneladas promedio.





Number Out	Value
EstibasSanetizadas	17.0000
Lote	30.0000
MaderaProcesada	13.0000
P1	0.00
P2	30.0000

Imagen 21: cantidad de entidades por tipo de terminación escenario 2.  
Fuente: propia

En esta simulación, diferencia de la simulación del proceso actual, en comparación con la Imagen 10, 17 “Viajes” se convirtieron en estibas (sólo 1 más) y 13 se vendieron como madera procesada.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarTiempoArmadoEstibas	5.8454	(Insufficient)	0.00	14.9991
RegistrarTiempoAserradoMD	4.7647	(Insufficient)	1.1891	8.1360
RegistrarTiempoDelineado	4.8504	(Insufficient)	0.8601	11.4262
RegistrarTiempoDeshiladoP1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
RegistrarTiempoDeshiladoP2	13.0251	(Insufficient)	3.6711	26.7218
RegistrarTiempoDimenslondo	1.5191	(Insufficient)	0.00	4.8538
RegistrarTiempoEncastillado	0.9805	(Insufficient)	0.4116	1.8660
RegistrarTiempoSanetizado	7.0023	(Insufficient)	0.00	17.9677
RegistrarTiempoSecado	144.62	(Insufficient)	121.28	162.98

Imagen 22: tiempos unitarios por proceso escenario 2.  
Fuente: propia

Aumentando el número de operarios en el armado de estibas, el tiempo promedio de proceso de una entidad se disminuye de 7.7 horas a 5.8 horas, es decir una reducción del 25%. De igual forma el tiempo de encastillado disminuye poco más de 50%. El tiempo de

AserradoMD aumenta también cerca de 50% y el delineado aumenta en esta misma proporción aproximadamente.

A simple vista, se podría pensar que el tiempo de deshilado aumenta, pero se debe tener en cuenta que el tiempo de deshilado total es la suma de TiempoP1 + TiempoP2 y al no haber procesamiento de MG entonces todo se traslada al TiempoP2 y la variación no es muy grande.

## Time

Waiting Time				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	2.9102	(Insufficient)	0.00	41.1822
ASERRADO MD.Queue	4.9104	(Insufficient)	0.00	17.2359
Delineado.Queue	2.3938	(Insufficient)	0.00	22.6298
Deshilado.Queue	57.2270	(Insufficient)	0.00	168.18
DIMENSIONADO.Queue	3.4887	(Insufficient)	0.00	13.1937
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	7.3436	(Insufficient)	0.00	39.4650
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

## Other

Number Waiting				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	0.03838172	(Insufficient)	0.00	1.0000
ASERRADO MD.Queue	0.1143	(Insufficient)	0.00	2.0000
ASERRADO MG.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Cuarteado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Delineado.Queue	0.05571251	(Insufficient)	0.00	2.0000
Deshilado.Queue	1.3319	(Insufficient)	0.00	6.0000
DIMENSIONADO.Queue	0.04601115	(Insufficient)	0.00	2.0000
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	0.0969	(Insufficient)	0.00	2.0000
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Imagen 23: tiempos en colas escenario 2.  
Fuente: propia

El tiempo de cola en el armado de estibas se disminuye en un 56%. Por su parte, el tiempo de espera en deshilado pasa a ser el mayor debido a que el cuarteado no le da espera, el deshilado aumenta aproximadamente un 56%. Sanetizado tiene un aumento significativo en las colas con un aumento de 80%

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarCostoTotalArmadoEstibas	1664773.40	(Insufficient)	0.00	4271752
RegistrarCostoTotalAserradoMD	76113.80	(Insufficient)	15932.02	153463.05
RegistrarCostoTotalDelineado	42043.34	(Insufficient)	7455.04	99042.63
RegistrarCostoTotalDimensionado	22785.90	(Insufficient)	0.00	72806.34
RegistrarCostoTotalEncastillado	29807.19	(Insufficient)	12513.99	56726.98
RegistrarCostoTotalGeneral	10344272	(Insufficient)	5944268	18275916
RegistrarCostoTotalMP	3035302.51	(Insufficient)	750748.55	6864527
RegistrarCostoTotalP1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
RegistrarCostoTotalP2	163812.95	(Insufficient)	34199.29	343583.20
RegistrarCostoTotalSanetizado	517380.18	(Insufficient)	0.00	1327580
RegistrarCostoTotalSecado	4792252.84	(Insufficient)	4018772	5400663
Imagen 24: costos totales escenario 2.				
Fuente: propia				

Los costos totales de AserradoMD y Delineado aumentan debido al flujo de cargamento.

El costo total general aumenta \$236,910 pasando de \$10,107,362 a \$10,344,272. El costo total de MP aumentó \$200,698 en total. Sin embargo, es necesario aclarar que se tiene un viaje más de estibas generando un mayor costo, (Traducido también que unos cargamentos se van a vender con un precio más elevado debido a que las estibas son más caras que la madera procesada).

Dejando el costo de materia prima constante obtenemos que el costo total general en este escenario es de \$10,143,574 (Volviendo a hacer la salvedad de que se tiene un cargamento de estibas más que el escenario actual).

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	195.63	(Insufficient)	168.25	233.50
MaderaProcesada	165.57	(Insufficient)	143.45	186.26
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	153.43	(Insufficient)	59.0954	228.63
MaderaProcesada	102.06	(Insufficient)	36.4602	190.89
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EstibasSanetizadas	349.06	(Insufficient)	245.28	424.50
MaderaProcesada	267.63	(Insufficient)	201.31	371.92

**Imagen 25: tiempos generales de procesamiento escenario 2.**  
**Fuente: propia**

Si comparamos estos tiempos con los de la Imagen 17, observamos que, absolutamente todos los tiempos de proceso disminuyen el tiempo total como a su vez sus componentes de tiempo de ciclo y tiempo de espera así se hayan procesado mas estibas, dejando una posibilidad abierta de lo que quiera hacer estratégicamente la compañía. En las conclusiones se entrará más a fondo en este tema.

Las reducciones de los tiempos totales son las siguientes:

$$EstibasSanetizadas = 349.06 - 359.47 = -10.41 h \rightarrow -\frac{10.41}{359.47} = -2.9\%$$

$$MaderaProcesada = 267.63 - 292.17 = -24.54 h \rightarrow -\frac{24.54}{292.17} = -8.4\%$$

### ESCENARIO 3 – SÓLO MADERA GRUESA (MG)

En contraposición al escenario 2, este presenta la situación en la que la empresa sólo manejara madera gruesa. Para esto, se modificó la primera decisión del modelo en la que el 100% de las entidades fuesen madera gruesa.

De igual forma se destinaron los operarios del proceso AserradoMD para Armado de Estibas y los operarios de Delineado se destinaron para Encastillado. Al igual que en el escenario 2 los tiempos y costos de los procesos Armado de Estibas y Encastillados fueron modificados de la siguiente forma:

$$\frac{90 \text{ estibas}}{h} \times \frac{13 \text{ kg}}{\text{estiba}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = \frac{1.17 \text{ ton}}{h}$$

$$\frac{1}{\frac{1.04 \text{ ton}}{h}} = \frac{0.85h}{\text{ton}} \rightarrow \text{TiempoArmadoEstibas}$$

El costo también cambia. Cada estiba tiene un costo de \$2800 en insumos y se aumenta el costo de mano de obra al incluir 4 operarios más:

$$\left( \frac{2800\$}{\text{estiba}} \times \frac{90 \text{ estibas}}{h} \right) + \left( \frac{7600\$}{h \times \text{operario}} \times 9 \text{ operarios} \right) = \frac{320,400\$}{h}$$

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarFactorDesperdicio	0.4898	(Insufficient)	0.3300	0.6073
RegistrarNroToneladas	20.5674	(Insufficient)	14.1418	30.1726
RegistrarNroToneladasFinales	9.9434	(Insufficient)	7.0480	16.8848

Imagen 26: número de toneladas y factor de desperdicio escenario 3.  
Fuente: propia

En este escenario el número de toneladas es similar a los procesos anteriores.

En este escenario se procesaron 14 viajes de estibas (2 menos que en el escenario real) y 16 de madera procesada

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarTiempoArmadoEstibas	4.1592	(Insufficient)	0.00	14.3521
RegistrarTiempoAserradoMG	13.5700	(Insufficient)	0.6476	29.4819
RegistrarTiempoCuarteado	18.9513	(Insufficient)	0.3046	41.7058
RegistrarTiempoDeshiladoP1	11.8837	(Insufficient)	6.7286	19.4171
RegistrarTiempoDeshiladoP2	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
RegistrarTiempoDimensionado	1.3695	(Insufficient)	0.00	5.6897
RegistrarTiempoEncastillado	1.0366	(Insufficient)	0.4990	2.0917
RegistrarTiempoSanetizado	5.6272	(Insufficient)	0.00	19.4175
RegistrarTiempoSecado	146.70	(Insufficient)	124.20	164.74

**Imagen 27:** tiempos unitarios por proceso escenario 3.  
**Fuente:** propia

A pesar de que el tiempo promedio de armado de estibas, encastillado, sanetizado y dimensionado disminuyen (No demasiado). Se observa que los tiempos promedio de aserrado MG y cuarteado aumentan dramáticamente hasta duplicarse. Aserrado MG aumenta más o menos 6 horas y cuarteado 8 horas en promedio por cada entidad.

## Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	0.06802925	(Insufficient)	0.00	0.9524
ASERRADO MG.Queue	229.10	(Insufficient)	0.00	361.53
Cuarteado.Queue	137.89	(Insufficient)	0.00	365.37
Deshilado.Queue	6.0231	(Insufficient)	0.00	51.4056
DIMENSIONADO.Queue	3.2382	(Insufficient)	0.00	13.1144
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	0.3824	(Insufficient)	0.00	5.2275
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

## Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	0.00053839	(Insufficient)	0.00	1.0000
ASERRADO MD.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
ASERRADO MG.Queue	3.8852	(Insufficient)	0.00	11.0000
Cuarteado.Queue	2.3384	(Insufficient)	0.00	7.0000
Delineado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Deshilado.Queue	0.1021	(Insufficient)	0.00	2.0000
DIMENSIONADO.Queue	0.02562718	(Insufficient)	0.00	1.0000
Encastillado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Sanetizado.Queue	0.00302617	(Insufficient)	0.00	1.0000
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Imagen 28: tiempos en colas escenario 3.  
Fuente propia

En cuanto a las colas en el escenario 3 se observa un aumento exagerado en las colas de AserradoMG y Cuarteado. En AserradoMG hay un aumento de 13331% mientras que en cuarteado hay un aumento de 270%.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
------------	---------	------------	---------------	---------------

RegistrarCostoTotalArmadoEstibas	1332608.72	(Insufficient)	0.00	4598407
RegistrarCostoTotalAserradoMG	624420.50	(Insufficient)	4058.63	4238929
RegistrarCostoTotalCuarteado	238104.37	(Insufficient)	2930.16	543978.60
RegistrarCostoTotalDimensionado	20542.67	(Insufficient)	0.00	85345.83
RegistrarCostoTotalEncastillado	31511.17	(Insufficient)	15170.54	63588.12
RegistrarCostoTotalGeneral	10438467	(Insufficient)	6052224	19830035
RegistrarCostoTotalMP	2762198.22	(Insufficient)	750748.55	6515998
RegistrarCostoTotalP1	151950.55	(Insufficient)	62080.25	298639.01
RegistrarCostoTotalP2	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
RegistrarCostoTotalSanetizado	415773.77	(Insufficient)	0.00	1434703
RegistrarCostoTotalSecado	4861356.98	(Insufficient)	4115683	5458884

**Imagen 29: costos totales escenario 3.**  
**Fuente: propia**

Se observa que los costos totales de AserradoMG y Cuarteado aumentan drásticamente (171% y 128% respectivamente).

Por su parte el Costo total general de procesar un viaje en el proceso productivo aumenta un valor de \$331.105 teniendo en cuenta que se procesan menos estibas y el costo de materia prima y el número de toneladas es similar.



## Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	217.98	(Insufficient)	182.55	250.75
MaderaProcesada	190.47	(Insufficient)	144.97	248.72
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	453.98	(Insufficient)	90.0000	743.82
MaderaProcesada	481.55	(Insufficient)	228.85	725.98
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Estibas Sanetizadas	671.94	(Insufficient)	291.87	958.58
MaderaProcesada	672.02	(Insufficient)	420.71	895.80

Imagen 30: tiempos generales de procesamiento escenario 3.  
Fuente: propia

Al comparar estos tiempos con el escenario 1, observamos que los tiempos de proceso permanecen relativamente constantes, sin embargo, los tiempos de espera se llegan hasta a cuadruplicar.

Por lo tanto, los tiempos totales de proceso se incrementan de la siguiente forma según el tipo de entidad:

$$EstibasSanetizadas = 671.94 - 359.47 = 312.47h \rightarrow \frac{312.47}{359.47} = 86\%$$

$$MaderaProcesada = 672.02 - 292.17 = h \rightarrow \frac{379.85}{292.17} = 130\%$$

La madera procesada en este escenario se alcanza a demorar lo mismo que las estibas debido a las largas colas que tiene que esperar para ser procesada (También tiene que esperar la respectiva espera de las estibas).

#### ESCENARIO 4 – COMPRAR UNA MÁQUINA SIN FIN 4 (DESHILADO) ADICIONAL

En este escenario se plantea la idea de comprar una máquina sin fin 4 adicional ya que según la utilización programada, en un futuro se generarán más colas en este proceso. Para lograr este escenario se duplicó la capacidad de los recursos utilizados en este proceso, esto debido a que es mucho más sencillo en el modelo, fue aprobado por el director de trabajo de grado y tiene resultados similares.

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado estibas.Queue	9.0097	(Insufficient)	0.00	49.4244
ASERRADO MD.Queue	8.0318	(Insufficient)	0.00	26.2400
ASERRADO MG.Queue	7.5130	(Insufficient)	0.00	45.0871
Cuarateado.Queue	41.9667	(Insufficient)	0.00	122.60
Delineado.Queue	0.5138	(Insufficient)	0.00	3.8978
Deshilado.Queue	0.07132188	(Insufficient)	0.00	2.1397
DIMENSIONADO.Queue	4.2589	(Insufficient)	0.00	14.4143
Encastillado.Queue	2.0715	(Insufficient)	0.00	12.1905
Sanetizado.Queue	3.3818	(Insufficient)	0.00	24.1798
Secado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

**Other**  
**Imagen 31:** tiempos en colas escenario 4.  
**Fuente:** propia

Se observa entonces que los tiempos de cola en el proceso de deshilado casi desaparecen. Se reducen de 25 horas a menos de una hora aproximadamente.

Sin embargo, en esta modelación aumenta la cola de Cuarateado ya que aumenta el número de viajes de MG en comparación con el modelo del proceso actual.

Expression	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
RegistrarCostoTotalGeneral	9978988.92	(Insufficient)	6348923	19225005
RegistrarCostoTotalMP	2949901.88	(Insufficient)	1449742	7054771
RegistrarCostoTotalP1	71865.00	(Insufficient)	0.00	259711.90
RegistrarCostoTotalP2	71514.50	(Insufficient)	0.00	287712.38
RegistrarCostoTotalSanetizado	396448.75	(Insufficient)	0.00	1488654
RegistrarCostoTotalSecado	4706065.61	(Insufficient)	4089432	5453491
RegistrarFactorDesperdicio	0.4815	(Insufficient)	0.3300	0.6144
RegistrarNroToneladas	21.2741	(Insufficient)	14.2846	30.2346
RegistrarNroToneladasFinales	10.2901	(Insufficient)	6.2402	17.5198

**Imagen 32:** costos totales escenario 4.  
**Fuente:** propia

De la Imagen 32, al igual que los otros escenarios los tonelajes son muy similares.

Por lo tanto el costo total general por viaje del escenario 4 sería de \$9,978,988 significando así una reducción de \$128,374 con respecto al proceso actual, además de que en este modelo se está gastando \$95.297 de mas en materia prima lo que da una reducción neta de 223.671\$.

<b>VA Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	204.40	(Insufficient)	177.05	253.43
MaderaProcesada	181.54	(Insufficient)	141.79	209.60
<b>NVA Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
<b>Wait Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	140.63	(Insufficient)	51.0980	285.80
MaderaProcesada	86.6188	(Insufficient)	15.5000	186.77
<b>Transfer Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
<b>Other Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MaderaProcesada	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
<b>Total Time</b>				
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
EstibasSanetizadas	345.04	(Insufficient)	228.14	522.03
MaderaProcesada	268.16	(Insufficient)	157.29	369.64

Imagen 33: tiempos generales de procesamiento escenario 4.  
Fuente: propia

Las reducciones de los tiempos totales son las siguientes:

$$EstibasSanetizadas = 345.04 - 359.47 = -14.43 \text{ h} \rightarrow -\frac{14.43}{359.47} = -4.0\%$$

$$MaderaProcesada = 268.16 - 292.17 = -24.01 \text{ h} \rightarrow -\frac{24.01}{292.17} = -8.2\%$$

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizar el modelo y que fuera validado por el director de trabajo de grado con los respectivos escenarios se llegó a las siguientes conclusiones:

En la industria maderera se confirma la hipótesis de un alto desperdicio de materia prima, haciendo que este sea el factor primordial para el análisis de los costos en el proceso productivo de la empresa. Esto se evidencia en los diferentes escenarios donde si se compra madera gruesa o madera delgada es determinante en el tiempo de proceso y que se tenga repercusiones en los costos (Puede que el proceso tenga un costo parecido independiente de la materia prima pero el tiempo de proceso es determinante debido a que mientras más se produzca se generarán economías de escala y los costos fijos que no fueron tomados en este caso debido a los supuestos explicados anteriormente se reduzcan).

La opción por la que se debe optar es la número 4, debido a que los operarios de deshilado están excediendo su utilización programada de producción (1.18 vs escenario 4 con 0.54), lo que genera que en un futuro (Dado el momento en que no lleguen 30 entidades sino un número mayor) haga que se genere un tiempo de espera muy grande en este proceso. Así como se encuentra modelado en el momento es como es la realidad de la empresa y en el deshilado existe una máquina y dos operarios (No hay otra opción), por lo tanto, si se acude al escenario 4 se podrá solucionar el problema de las capacidades (Es por esto que se planteó la opción 4 así en ese momento el tiempo de espera de cuarteado fuera mayor que el de deshilado).

También se debe pensar en contratar más operarios de armado de estibas ya que solo con estas 30 entidades tienen una alta utilización programada (0.96) y si llegan más entidades al mismo ritmo se va a generar un tiempo de espera alto en este proceso. Utilizando esta opción se reducirán los tiempos y además se generará una mayor utilización programada en otros recursos que pueden estar siendo en parte ociosos. Se evidencian los problemas con armado de estibas y deshilado, mientras se sigue viendo una utilización programada baja en encastillado.

Otra razón por la que se debe utilizar la opción 4 es porque como se muestra en los preliminares la demanda se encuentra en crecimiento y se necesita tener la posibilidad o capacidad de reaccionar ante esta situación oportunamente. Además de esto como se observa en los resultados se tienen disminuciones en el costo de un neto por 30 viajes de 223.671\$ en promedio por cada 30 viajes, disminuciones en los tiempos de 4% para estibas y 8.2% para madera procesada trayendo un ahorro directo en los costos además de una posibilidad de a mayor demanda (Que es lo que se espera) mayor disminución de costos fijos y absorciones positivas disminuyendo aún más el valor del costo.

Como se evidencia en el escenario 2, haciendo compra de únicamente madera delgada, se disminuyen los procesos de producción en cuanto a tiempos haciendo que se generen mas unidades y por ende los costos fijos puedan disminuir generando economías de escala.

Para mayor exactitud se deben alimentar los datos históricos y generar así distribuciones más confiables que representan los datos de entrada al modelo.

Este trabajo será de utilidad en la empresa en un futuro para hacer evaluaciones que resulten costosas o imposibles de realizar en marcha para poder pronosticar un posible éxito o fracaso, oportunidades o falencias en el momento. Además de ello, les servirá para poder estandarizar los costos a la realidad y poder tener clara una política de precios.

## REFERENCIAS

- Abernethy, M. A., Lillis, A. M., Brownell, P., & Carter, P. (2001). Product diversity and costing system design choice: field study evidence. *Management Accounting Research*, 12(3), 261–279. <http://doi.org/10.1006/mare.2001.0168>
- Blocher, E., & Berry, W. (1998). Cost Management with a Strategic Emphasis. Retrieved April 15, 2016, from [http://fisher.osu.edu/supplements/10/1470/Cost\\_Management.pdf](http://fisher.osu.edu/supplements/10/1470/Cost_Management.pdf)
- Duque, M. I., Osorio, J. A., & Agudelo, D. M. (2011). Costos estándar y su aplicación en el sector manufacturera colombiano. *Cuadernos de Contabilidad*, 12(31), 521–545.
- Escobar, J. F. (2016). Presentación FOCOLSA S.A.S. Medellín.
- Esmalifalak, H., Albin, M. S., & Behzadpoor, M. (2015). A comparative study on the activity based costing systems: Traditional, fuzzy and Monte Carlo approaches. *Health Policy and Technology*, 4(1), 58–67. <http://doi.org/10.1016/j.hlpt.2014.10.010>
- Franco, L., & Ruiz, J. P. (2014). V INFORME NACIONAL DE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA. Retrieved from <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informebiodiversidad-2014.pdf>
- Gatter, S., & Romero, M. (2005). ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CADENA DE APROVECHAMIENTO, TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE MADERA ASERRADA PROVENIENTES DE BOSQUES NATIVOS EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA.
- Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2007). *Cost Management: Accounting and Control*. Cengage Learning. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=10eIDgRH3EgC&pgis=1>
- Hornigren, C. T., Foster, G., & Datar, S. M. (2007). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial* (12th ed.). Pearson Educación. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=zDCb9fDzN-gC&pgis=1>
- Kinney, M. R., & Raiborn, C. A. (2012). *Cost Accounting: Foundations and Evolutions*.
- Law, A. M. (2006). *HOW TO BUILD VALID AND CREDIBLE SIMULATION MODELS*.

Orta, V. R., & Juárez, P. (2000). CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESPERDICIOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE ASERRÍO DE LA REGIÓN DE BOSQUE MODELO CHIHUAHUA. Retrieved from [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2611/Cuantificacion y clasificacion de desperdicios generados en la industria de aserrios en la region de bosque modelo chihuahua.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2611/Cuantificacion_y_clasificacion_de_desperdicios_generados_en_la_industria_de_aserrios_en_la_region_de_bosque_modelo_chihuahua.pdf?sequence=1)



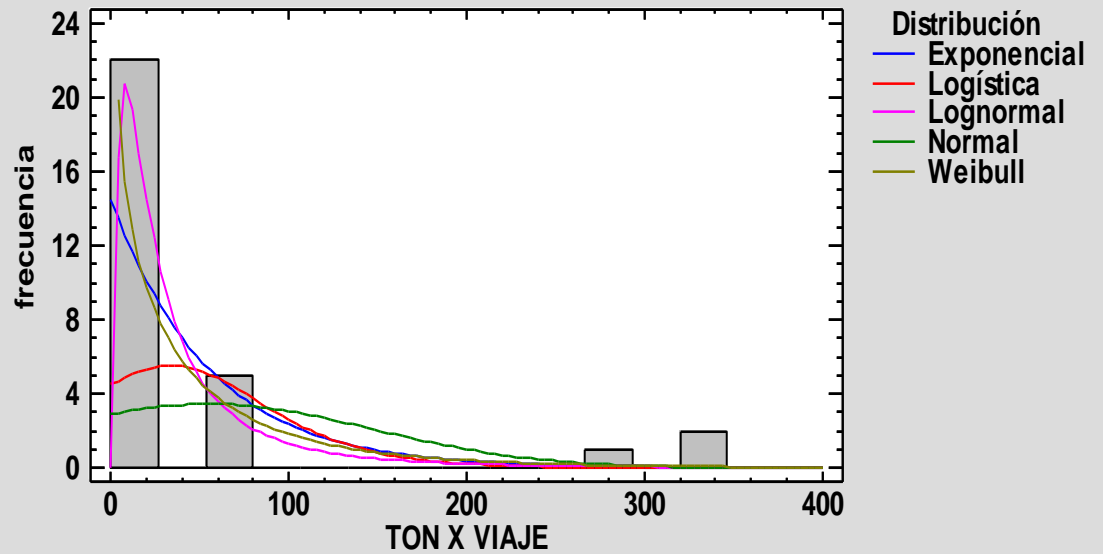
## ANEXOS

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TON X VIAJE

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Exponencial	Logística	Lognormal	Normal	Weibull
DMAS	0,508858	0,364549	0,445469	0,404867	0,408975
DMENOS	0,224475	0,368784	0,287865	0,328466	0,324358
DN	0,508858	0,368784	0,445469	0,404867	0,408975
Valor-P	3,58E-07	0,00057166	1,3492E-05	0,00010708	8,762E-05

Histograma para TON X VIAJE

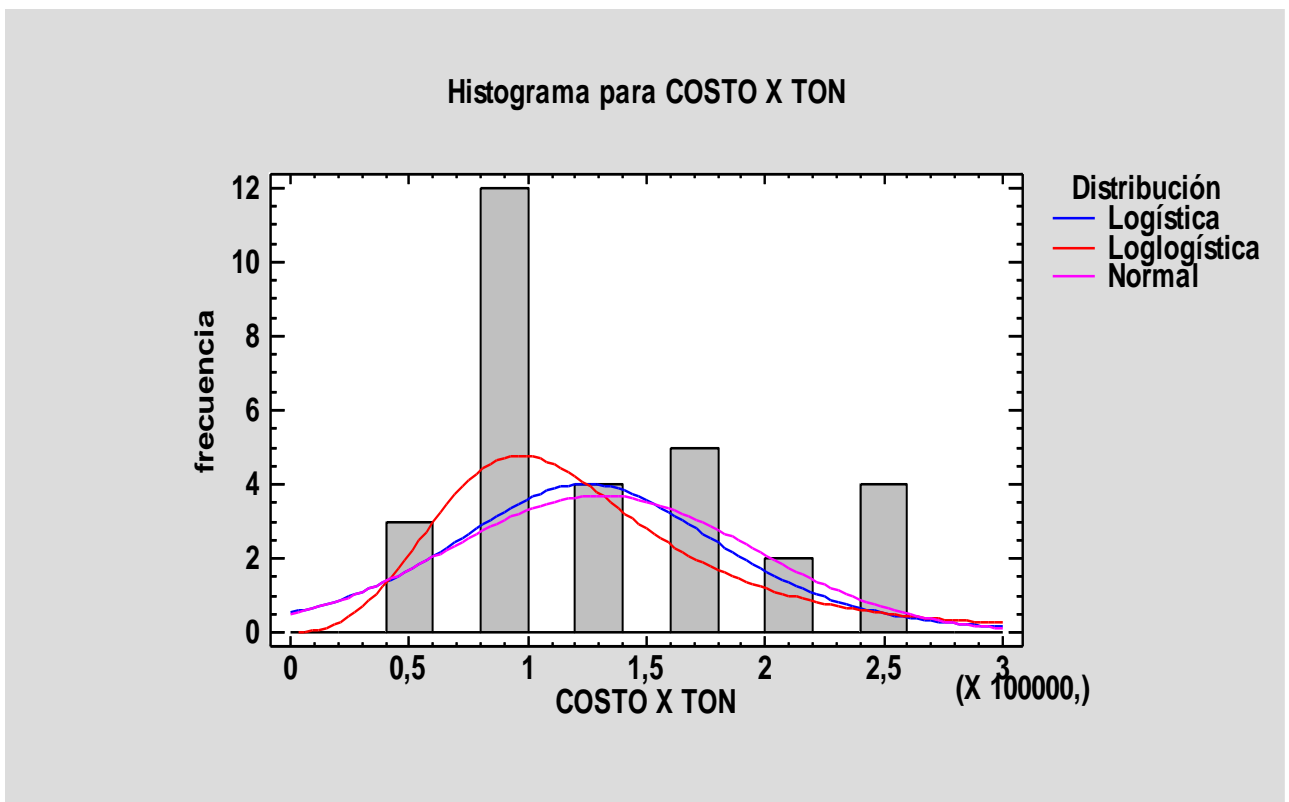


Anexo 1: prueba de bondad de ajuste NroToneladas por viaje.  
Fuente: propia

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para COSTO X TON

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

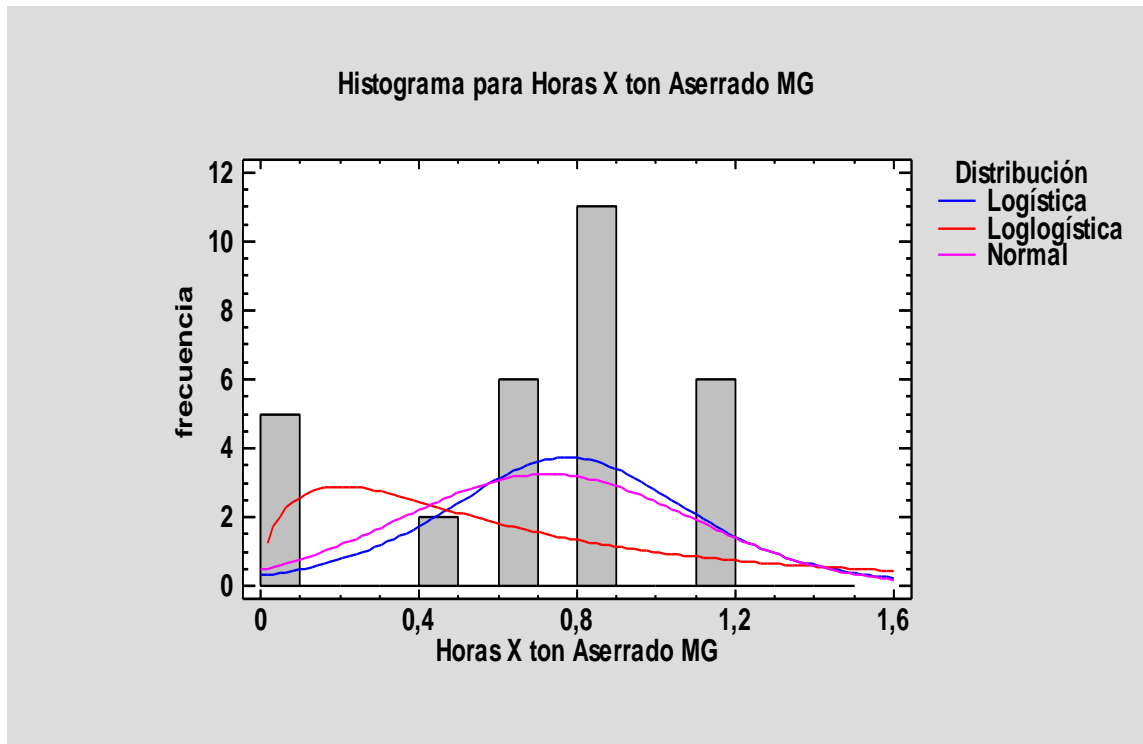
	Loglogística	Normal
DMAS	0,23242	0,256393
DMENOS	0,16758	0,143607
DN	0,23242	0,256393
Valor-P	0,0782414	0,0387317



Anexo 2: prueba de bondad de ajuste costo x ton MP.  
Fuente: propia

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Logística
DMAS	0,15182
DMENOS	0,217318
DN	0,217318
Valor-P	0,117611

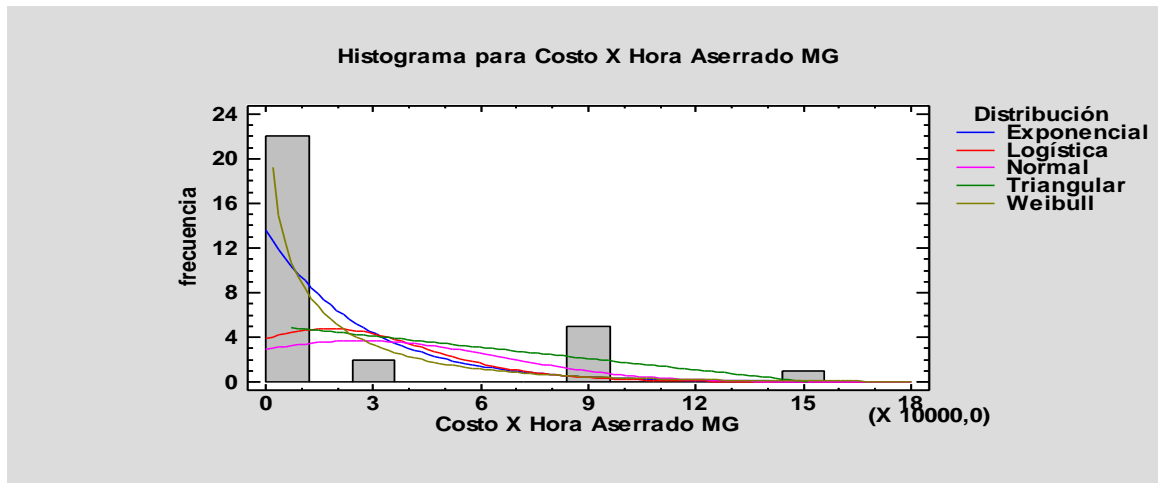


Anexo 3: prueba bondad de ajuste horas x ton Aserrado MG.  
Fuente: propia

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Costo X Hora Aserrado MG

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Exponencial	Logística	Normal	Triangular	Weibull
DMAS	0,531048	0,383437	0,434708	0,733333	0,427977
DMENOS	0,202285	0,349897	0,298626	0,0313422	0,305356
DN	0,531048	0,383437	0,434708	0,733333	0,427977
			2,3817E-		
Valor-P	8,96E-08	0,00029508	05	0	3,3743E-05



Anexo 4: prueba bondad de ajuste costo x hora Aserrado MG.  
Fuente: propia

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Horas x Ton Aserrado MD

#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Chi-Cuadrada	Logística	Lognormal	Normal	Triangular
DMAS	0,536819	0,308772	0,280298	0,264903	0,168907
DMENOS	0,238537	0,357894	0,386368	0,401764	0,666625
DN	0,536819	0,357894	0,386368	0,401764	0,666625
Valor-P	6,19E-08	0,000919059	0,000257707	0,000124439	0

### Anexo 5: prueba bondad de ajuste horas x ton Aserrado MD. Fuente: propia

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Horas x Ton Cuarteado

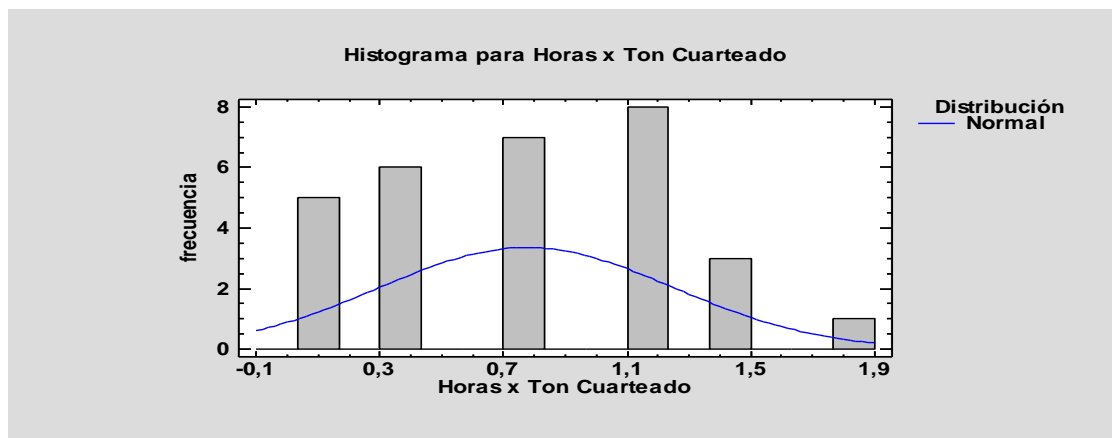
#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0,138354
DMENOS	0,160081
DN	0,160081
Valor-P	0,431944

#### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Horas x Ton Cuarteado puede modelarse adecuadamente con una distribución normal

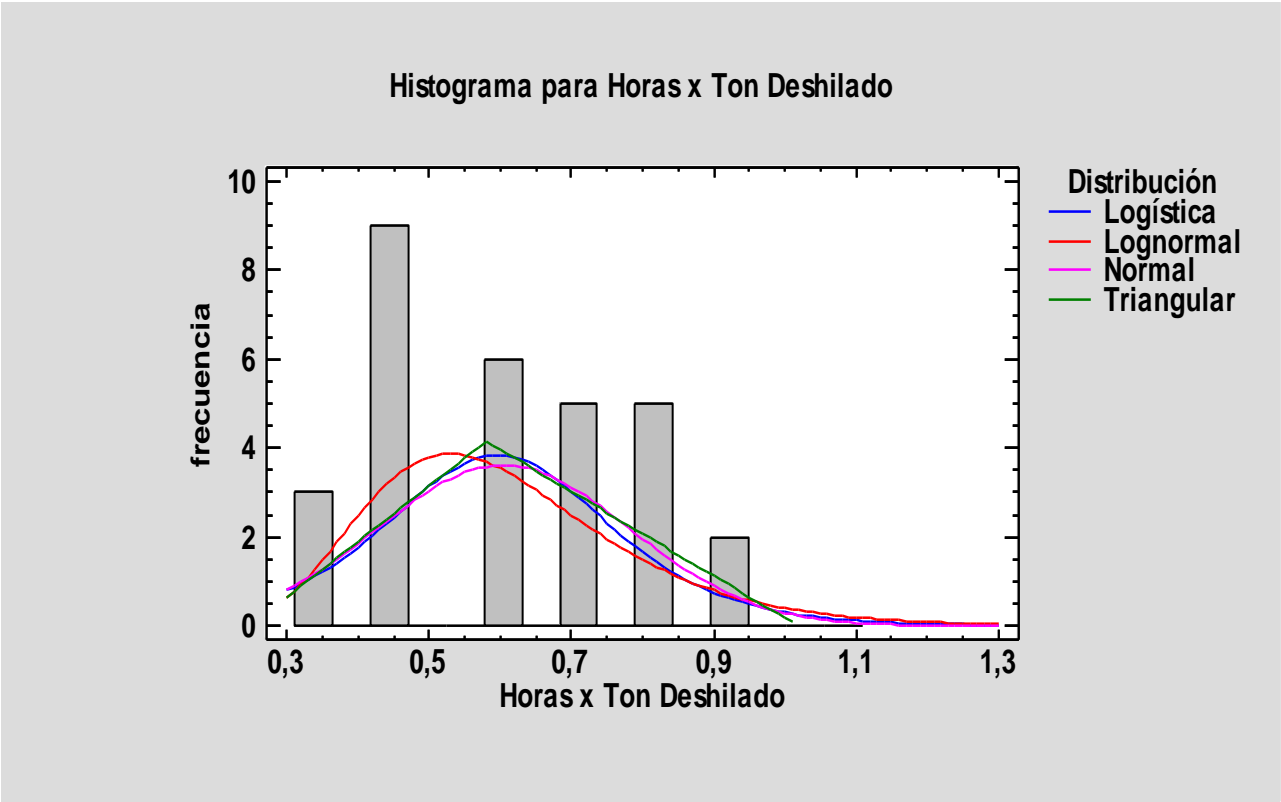
Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Horas x Ton Cuarteado proviene de una distribución normal con 95% de confianza.



Anexo 6: prueba de bondad de ajuste horas x ton cuarteado.  
 Fuente: propia

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Horas x Ton Deshilado  
 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal	Triangular	Normal
			media = 0,604
			desviación estándar = 0,176588
DMAS	0,192595	0,224368	
DMENOS	0,122704	0,116586	
DN	0,192595	0,224368	
Valor-P	0,216146	0,0975633	



Anexo 7: prueba bondad de ajuste horas x ton deshilado.  
 Fuente: propia